TECHNICZNE NOWOŚCI LOTNICZE



REDAKCJA: CZACKIEGO 21/23/25 m.9
DNI PRZYJĘĆ: PONIEDZIAŁKI OD GODZ. 16 DO 17
ADMIN.: CZERWONEGO KRZYŻA 9 m.12 TEL.-252-22
CZYNNA CODZIENNIE OD GODZ. 17 15 DO 18
PRENUMERATĘ KWARTALNĄ 12 zł I ROCZNĄ 48 zł
PRZYJMUJE ADMINISTRACJA I P.K.O. KONTO Nr. 4754
NA NAZWISKO WYDAWCY INŻ. J. TUSZYŃSKIEGO
CENA 1 ZESZYTU 4 zł.
CENY OGŁOSZEŃ: 1 STRONA 60 zł., 1/2 STR. 35 zł., 1/4 STR. 20 zł.
DOPŁATA NA OSTATNIĄ STRONĘ 50%

WARSZAWA

Nr. 2

LIPIEC 1933

ALBIN ZABORSKI

ZAKŁAD WYŚWIETLANIA RYSUNKÓW
SKŁADNICA PRZYBORÓW KREŚLARSKICH
OPRAWA PLANÓW

WYŁĄCZNA SPRZEDAŻ:

PAPIERÓW ŚWIATŁOCZUŁYCH „OZALID"
APARATÓW DO WYŚWIETLANIA RYSUNKÓW R. REISS LIEBENWERGA
MASZYN DO PISANIA WOODSTOCK TYPEWRITER CO. CHICAGO

CENTRALA: WARSZAWA UL. WIDOK № 22 TEL. 405-09
ODDZIAŁ: GDYNIA UL. SWIĘTOJAŃSKA tel. 25-00.

A. Steinhagen i H. Stránský

FABRYKA POMOCNICZA
DLA PRZEMYSŁU LOTNICZEGO I SAMOCHODOWEGO
SP. Z OGR. ODP.

DZIAŁY:

MECHANICZNY, WYROBÓW TŁOCZONYCH
I SPECJALNYCH ORAZ USZCZELNIEŃ
Z MASY „VELLUMOID"

WARSZAWA UL. KAZIMIERZOWSKA 61 TEL. 8-58-90

Techniczne Nowości Lotnicze

MIESIĘCZNIK TECHNICZNO-NAUKOWY POŚWIĘCONY LOTNICTWU.

№ 2	Lipiec	1933 r.

TREŚĆ: str.

O WYKONANIU I ZASTOSOWANIU KONSTRUKCJI SPAWANYCH Z RUR W BUDOWIE PŁATOWCÓW

opracowane na podstawie
Grundlagen für die konstruktive Anvendung und Ausführung von Stahlrohrschweissungen im Flugzeugbau
Arved Rechtlich
234.Bericht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E.V.,Berlin-Adlershof, Stoff-Abteilung.

Dział A. Próby wytrzymałościowe.

I.Metody spawania i ich zastosowanie do budowy płatowców.

Do chwili obecnej zastosowanie w budowie płatowców posiada niemal wyłącznie spawanie płomieniem acetylenowo-tlenowym jako najprostsze,wymagające minimalnych kosztów zakładowych i nadające się dobrze do spawania cienkościennych części o złożonych kształtach.

Znane są następujące metody spawania elektrycznego:
Spawanie łukiem elektrycznym według metody Slawjanowa,przy którem rolę elektrody metalowej spełnia drut do spawania. Powstający między elektrodą,a spawanemi częściami łuk elektryczny o temperaturze około 4000°C jest zbyt gorący wobec małej grubości ścianek /poniżej 3 mm/ występującej w konstrukcjach lotniczych. Operowanie łukiem sprawia znaczne trudności ze względu na wymagane zabezpieczenie się robotnika /rękawice,ochrona oczu i twarzy przed promieniami ultrafioletowemi,izolacja/ i skomplikowane kształty kratownic, napotykane w płatowcach. Szew otrzymany tą metodą jest mniej ciągliwy od szwu, uzyskanego metodą poprzednią,wskutek czego nie nadaje się dobrze do przenoszenia uderzeń i zmiennych obciążeń. Wada ta pochodzi stąd,że metal przepływający z elektrody do szwu wciąga dzięki dobremu przemieszaniu z powietrzem dość duże ilości tlenu i azotu,co wpływa na zmniejszenie

ciągliwości. Zwykła metoda spawania unika tych niedogodności dzięki niższej temperaturze /3000°C/,nie dopuszczającej do tak dokładnego przenikania gazów w obręb stopionego metalu.

Spawanie wodorem atomowym,wprowadzone w Stanach Zjednoczonych przez General Electric Co zostało opisane w poprzednim numerze.

Sposób ten nadaje się przedewszystkiem do spawania cienkościennych blach oraz pewnych stopów i metali nie zawierających żelaza, które się nie dają spawać inną metodą.

Elektryczne spawanie rur stalowych,połączonych na styk pozwoliło na otrzymanie szwu o wytrzymałości 100 % w porównaniu do sztuk nie spawanych,któremi były rury ciągnione na zimno ze stali węglistej,normalnej i wysokowartościowej. Badając budowę szwu stwierdzono tylko bardzo wąską strefę przegrzaną oraz budowę o drobniejszem ziarnie, niż przy spawaniu palnikiem. Wadami tej metody są: konieczność gładkiego obrobienia powierzchni spawanych i ostre krawędzie otrzymanego szwu. Sposób ten nadaje się w mniejszym stopniu do łączenia przestrzennych kratownic,lepiej natomiast do przypawania frezowanych lub toczonych końcówek do końca rur.

Obecnie prowadzi się próby spawania elektrycznego metodą punktową,dotychczasowy stan ich nie pozwala wszakże na wyciągnięcie żadnych wniosków. Dziedziną zastosowania tej metody jest przedewszystkiem spawanie części blaszanych.

Niniejsza praca jest poświęcona omówieniu wyników,otrzymanych przy wykonywaniu konstrukcyj z rur stalowych zapomocą płomienia acetylenowo-tlenowego przy użyciu drutu spawającego.

II. Dane dotyczące normalnych rur stalowych.

Rury ze stali węglistej,stosowane przez niemiecki przemysł płatowcowy są używane niemal wyłącznie w stanie ciągnionym na zimno bez dodatkowej obróbki cieplnej ; powierzchnia ich jest gładka połyskująca. Posiadają one większą wytrzymałość i mniejsze przydłużenie niż ich materjał pierwotny,co należy przypisać zgniotowi jakiemu zostały poddane. Niedające się uniknąć wyżarzenie rury przy spawaniu pociąga za sobą spadek wytrzymałości do wartości,wykazywanych przed zgniotem. Znając te dane,można wyrokować o wytrzymałości spawanego połączenia rury ciągnionej na zimno. Sam szew posiada większy przekrój,a zatem większą wytrzymałość,niż sąsiadujące z nim części rury, pod warunkiem,że został prawidłowo wykonany i że zarówno spawany materjał jak i użyty do tego celu drut odpowiadały warunkom.

Spotykane w handlu rury normalne posiadają następujący skład procentowy: węgiel - 0,1 ÷ 0,15 ; mangan - 0,3 ÷ 0,5 ; krzem - poniżej 0,12 ; fosfór - nie więcej 0,05 ; siarka - nie więcej 0,5.

Wytrzymałość na rozciąganie rur tych jako ciągnionych na zimno wynosi 45 do 55 kg/mm^2 przy przydłużeniu 10 - 5 %,podczas gdy te same dane dla rur wyżarzonych powyżej Ac_3 zmieniają się do 35 - 45 kg/mm^2 i 35 - 20 %. Spółczynnik sprężystości podłużnej jest jednakowy dla rur wyżarzonych i ciągnionych na zimno i wynosi od 1,9.10^6 do 2,1.10^6 kg/cm^2, średnio 2,0.10^6 kg/cm^2.

III. Próby rozrywania rur normalnych dla różnych połączeń.

Rury podlegające próbom były spawane przy pomocy drutu o następującym składzie procentowym: węgiel - 0,1 ; mangan - 0,35 ; krzem - - 0,1 ; fosfór - 0,02 ; siarka - 0,04 .

Rozrywanie rur ciągnionych na zimno nie pozwoliło na stwierdzenie wyraźnej granicy płynności w przeciwieństwie do rur wyżarzonych i spawaych,gdzie była ona bardzo wyraźnie zaznaczona. Wartość jej dla rur ciągnionych na zimno i spawanych wynosiła 26,7 do 34,4 kg/mm², zaś dla rur niespawanych wyżarzonych 21,4 do 28,5 kg/mm². Różnica ta pochodzi stąd, że płynięcie rur ciągnionych na zimno jest powstrzymywane przez sąsiadujące z częścią wyżarzoną miejsca,wzmocnione na zimno i przez sam szew. Średnia wytrzymałość na rozciąganie rur spawanych ciągnionych na zimno i rur wyżarzonych niespawanych okazała się jednakowa. Ogólne wnioski z przeprowadzonych prób są następujące:

a. Najlepsze własności wytrzymałościowe posiada połączenie stykowe. Można je wzmocnić zapomocą dodatkowych kawałków blachy,przypawanych na szwie lub,co jest korzystniejsze,przez wsunięcie wewnątrz i przypawanie krótkiego kawałka rury. Wzmocnienie połączenia z rurką wewnętrzną zapomocą spawania punktowego pogarsza jego własności.

b. Łączenie końców dwóch wsuniętych w siebie rur zapomocą szwu ukośnego zwykłego lub dwa razy załamanego powoduje zwiększoną wytrzymałość w stosunku do połączenia takich rur szwem prostopadłym do osi.

c. Spawanie punktowe i wzdłuż tworzącej daje dobre wyniki pod warunkiem żeby było dobrze przeprowadzone,co się rzadko spotyka.Dużą wadą tych połączeń jest to,że niezabezpieczają one przed dostępem wilgoci do wnętrza rur. Z tych względów lepiej jest ich unikać.

Rury spawane pękały w odległości 10 do 15 mm od szwu,przy końcu strefy wyżarzonej. Badania mikrograficzne wykazały w tem miejscu gwałtowne przejście od budowy drobnoziarnistej do gruboziarnistej jako skutek panującej w tem miejscu temperatury wyżarzania.

IV. Wpływ spawania na ściskanie i wybaczanie rur.

Próby miały za zadanie stwierdzenie zachowania się rur spawanych poddanych obciążeniu osiowemu. Rury wybaczane były podparte przegubowo /na kulce/. Wyniki badań porównano z wykresami otrzymanemi według metody v.Karmana,na zakończenie zaś zbadano wpływ stosunku średnicy rury do grubości ścianki na jej wytrzymałość na ściskanie i wybaczanie.

Według twierdzenia v.Karmana siła wybaczająca w obszarze niesprężystym może być wyrażona przez wzór analogiczny do wzoru Eulera, w którym zamiast spółczynnika E wstawiono specjalny moduł M,zależny jedynie od przebiegu krzywej,podającej wielkość odkształceń w zależności od naprężeń ściskających. Wzór v.Karmana na naprężenie wybaczające ma zatem postać

$$\sigma_w = \frac{\pi^2 M}{(l/i)^2}$$

Występujący w tym wzorze moduł M jest średnią wartością między M_2 - spółczynnikiem sprężystości podłużnej przy ściskaniu,a M_1 - spółczynnikiem odpowiadającym M_2 jednak obliczonym dla całego zakresu odkształceń. Sposób obliczenia M jest następujący.

Należy podzielić przekrój na dwie części prostą równoległą do osi najmniejszego momentu bezwładności w ten sposób,aby została zachowana zależność

$$M_1 \cdot S_1 = M_2 \cdot S_2 \quad \text{lub} \quad S_1/S_2 = M_2/M_1$$

gdzie S_1 i S_2 oznaczają momenty statyczne otrzymanych części względem poprowadzonej prostej. Szukany moduł M będzie :

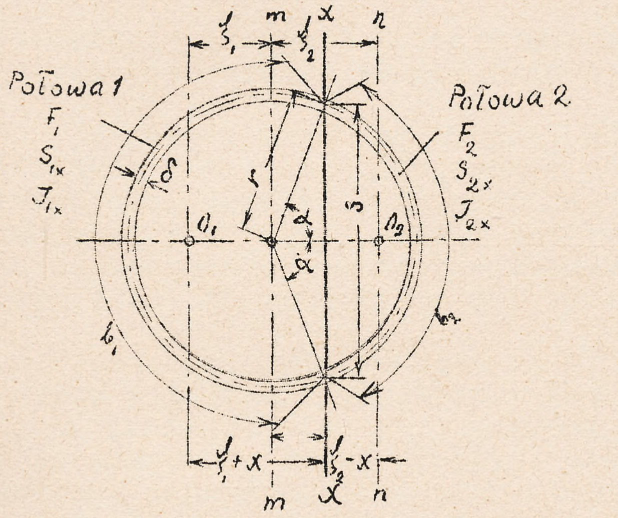
$$M = \frac{J_1/J_2}{J_1/J_2+1} \cdot M_1 + \frac{1}{J_1/J_2+1} \cdot M_2$$

gdzie J_1 i J_2 oznaczają momenty bezwładności obu części względem prostej podziałowej. Patrz rys.1.

Wykresy na rys.2 i 3 podają wartości stosunków S_1/S_2 oraz J_1/J_2 w zależności od stosunku x/r.

Próby były przeprowadzane według następującego planu: a/ próby na ściskanie krótkich rur niespawanych o przekrojach równych przekrojom rur wybaczanych i ustalanie wykresu odkształceń w zależności od obciążenia, b/ próby na ściskanie krótkich rur spawanych przy zastosowaniu przekrojów i połączeń, użytych następnie w rurach wybaczanych, c/ wyznaczenie spółczynników M_1 i M_2 na podstawie wykresów /patrz punkt a/ i obliczenie na ich podstawie modułu M oraz wyznaczenie wykresu według v.Karmana, d/ próby na wyboczenie rur. Próbom tym były poddane rury o składzie normalnie używanym w handlu.

Wstępne próby wykazały co następuje. Spawanie rur o średnicach poniżej 26 mm zapomocą szwu ukośnego zwykłego lub dwa razy załamanego nie opłaca się w porównaniu do szwu prostopadłego do osi, gdyż w obu wypadkach strefa wyżarzona obejmuje cały przekrój rury. Spawanie szwem podwójnie załamanym rur powyżej 30 mm daje lepsze wyniki, gdyż przekrój prostopadły do osi takiej rury napotyka już częściowo na strefy niewyżarzone. Nasunięte części rur winne posiadać mniejszy stosunek D/s niż badana rura.



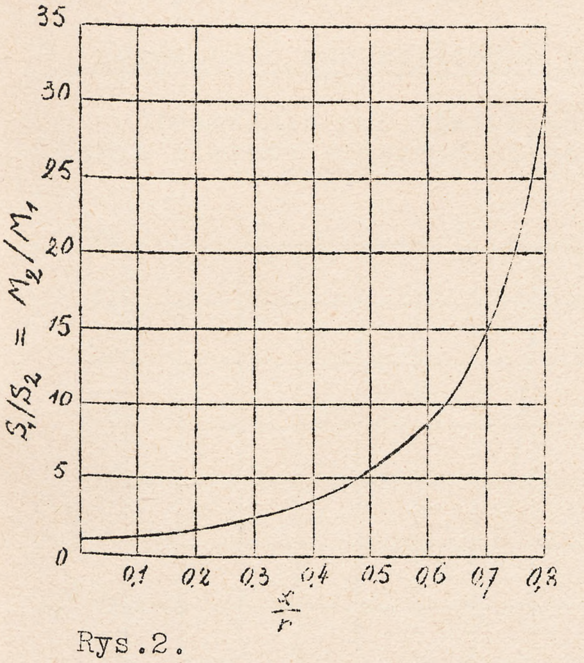
Rys.1.

W zakresie sprężystym spawanie pozostawało bez wpływu na wytrzymałość rur na wyboczenie, niezależnie od tego, czy szew był w środku czy przy końcu rury. Wpływ ten zaczynał być widoczny dopiero dla smukłości poniżej 70, co wymagało bardziej szczegółowego zbadania.

Połączenia rur ściskanych odpowiadały połączeniom rur badanych na wyboczenie i znajdowały się przy końcu rur. Pewna liczba rur była badana na prostolinijność dla stwierdzenia, w jakim stopniu odbiegała od dopuszczalnego skrzywienia 1:600. Skrzywienie rur ciągnionych na zimno było zazwyczaj znacznie mniejsze /1:700 do 1:3000/, podczas gdy rury wyżarzone w żadnym wypadku nie spełniły tego warunku.

Wyniki prób na ściskanie nie wykazały dla rur ciągnionych na zimno wyraźnej granicy płynności w przeciwieństwie do rur wyżarzonych /analogja do prób na rozciąganie/. Aż do naprężenia odpowiadającego stałemu odkształceniu 0,1 % spółczynnik M_2 dla rur ciągnionych na zimno pozostawał równy spółczynnikowi E, potem zaś zaczynał szybko opadać. Dla rur wyżarzonych nieudało się wyznaczyć krzywej odkształceń dla naprężeń powyżej granicy płynności ze względu na niemożliwość osiągnięcia przy tych siłach stanu równowagi. Okoliczność ta uniemożliwiła wyznaczenie krzywych v.Karmana. Wytrzymałość na ściskanie

leżała we wszystkich prawie wypadkach poniżej wytrzymałości na rozerwa-nie tych samych rur.



Rys.2.

Na podstawie prób na ściskanie stwierdzono,że wytrzymałość rury niewyżarzonej spawanej szwem prostopadłym do osi może być przyjęta jako równa wytrzymałości rury wyżarzonej niespawanej. Nad wprowadzeniem połączenia zapomocą szwu ukośnego zamiast prostopadłego należy się każdorazowo zastanowić aby stwierdzić czy się opłaci niewielkie stosunkowo zwiększenie wytrzymałości /o 10%/ w porównaniu do zwiększonego ciężaru i uciążliwszego wykonania.Z tych względów wykonanie to nie jest wcale polecane.

Próby na wybaczanie rur niewyżarzanych i niespawanych dały wyniki odbiegające od obliczonych o 0,5 do 12 %,co tłumaczy się nie wszędzie jednakową grubością ścianek i niezupełnie okrągłym kształtem rur,niedokładnem centrowaniem rur w maszynie wytrzymałościowej,oraz tarciem w przegubach.

Jednakowy przebieg krzywej odkształceń rur wyżarzonych i niewyżarzanych w zakresie sprężystym pozwala wnioskować o jednakowej wytrzymałości jednych i drugich na wyboczenie w tym zakresie pod warunkiem aby były rury proste i centrycznie obciążone. Wskutek skrzywienia zachodzącego w rurach wyżarzonych stwierdzono znaczne wahania wytrzymałości na wyboczenie rur wyżarzonych w zakresie niesprężystym.

Jednakowa wytrzymałość na wyboczenie rur wyżarzonych i niewyżarzonych w zakresie sprężystym każe przypuszczać,że spawanie nie wpływa na zmniejszenie wytrzymałości w tym zakresie obciążeń,co zostało potwierdzone przez próby. W zakresie niesprężystym próby wykazały wartości naprężeń,położonych stale powyżej granicy płynności materjału wyżarzonego. Spawanie w środku rury w większym stopniu zmniejszało wytrzymałość na wyboczenie niż spawanie przy końcach /skrzywienie rury/.Jak było do przewidzenia różnica między wytrzymałością rur niespawanych i spawanych wzrastała w miarę zmniejszania się długości rur badanych.

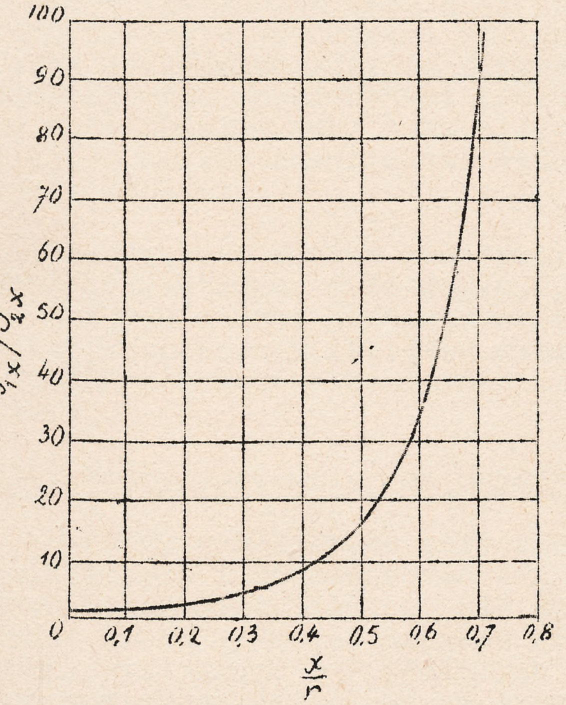
Z pośród metod spawania dwóch rur o jednakowym przekroju najkorzystniejsze okazało się połączenie stykowe,wzmocnione wewnętrzną tulejką,która zapewniała lepsze centrowanie obu połówek względem siebie, zapobiegając zarazem wybaczaniu się rury w strefie wyżarzonej.

W zakresie obciążeń niesprężystych dało się przeprowadzić dla wszystkich rur linię naprężeń bezpiecznych po uprzednim zapoznaniu się z granicą proporcjonalności i spółczynnikiem sprężystości podłużnej rur niewyżarzonych oraz z wytrzymałością na ściskanie rur wyżarzonych. W tym celu należy połączyć punkt ograniczający ważność krzywej Eulera,a określony przez granicę proporcjonalności z wartością wytrzymałości na ściskanie,odłożoną na osi naprężeń /t.zn.dla smukłości równej zeru/. Otrzymane w wyniku prób wytrzym. naprężenia wybaczające leżały zawsze powyżej określonej w ten sposób prostej. Dla rur stalowych jakości handlowej o spółczynniku sprężystości równym $2,0.10^6$ kg/cm^2 można przyjąć dla granicy proporcjonalności wartość 20 kg/mm^2 zaś dla granicy wytrzymałości na ściskanie /przy D/s mniejszem od 60/-34 kg/mm^2.

Z połączeń spawanych przy końcach rur za najgodniejsze polecenia należy uważać połączenie szwem prostopadłym do osi,gdyż wszelkie szwy ukośne wywołują większe skrzywienie rury.

V. Spawalność rur stalowych o wyższej wytrzymałości.

Stosowanie rur stalowych o zwiększonej wytrzymałości celem zmniejszenia ciężaru konstrukcji jest możliwe tylko wtedy,jeśli się one dają dobrze spawać.



Rys.3.

Stosowanie rur o zawartości węgla od 0,58 do 0,59 % należy uznać za bezcelowe,gdyż spawanie ich jest połączone z dużemi trudnościami podczas gdy wytrzymałość ich nieprzewyższa wytrzymałości rur o 0,3 - 0,4 % węgla, dających się spawać bez trudności po przyzwyczajeniu się spawacza do swoistego płynięcia materjału. Wytrzymałość na rozciąganie rur z jednego i drugiego rodzaju stali wynosiła dla spawania stykowego 60 kg/mm^2, niezależnie od tego czy rury były wyżarzone czy nie. Spawanie rur wyżarzonych nie było połączone ze spadkiem wytrzymałości,same przeprowadzenie jego było jednak połączone z pewnemi trudnościami ze względu na warstwę zendry, pokrywającą rury po wyżarzeniu. Główną wadę takich rur stanowi ich znaczne skrzywienie, co uniemożliwia poddanie ich siłom wybaczającym. Poleca się oczyszczenie ich powierzchni z zendry dla ułatwienia spawania i ewentualnego rozpoznania błędów wykonania.Konieczne jest wyprostowanie rur po tej czynności. Stosowanie rur wyżarzonych powinno być możliwie jaknajszersze.

Najodpowiedniejszy do spawania takich rur okazał się drut z domieszką niklu /od 2 do 3 %/ przy jednoczesnem powiększeniu zawartości węgla do 0,25 %.

Swoiste płynięcie spawanego materjału dało się opanować jedynie po dłuższem przyzwyczajeniu się robotników do zmienionych warunków pracy. Poleca się zastosowanie palnika o jeden numer mniejszego niż dla spawania stali ubogiej w węgiel i doprowadzenie gazu pod odpowiednim ciśnieniem. Nadmiar acetylenu w płomieniu spawającym powinien być tak ustawiony,aby jasny stożek w obrębie płomienia nie odgraniczał się zbyt ostro ; należy unikać nadmiaru tlenu.

Szew winien być bardzo mocno ukształtowany i posiadać większą grubość,niż przylegające ścianki.Przymocowanie do zakończeń rur specjalnych końcówek zapomocą szwów podłużnych winno być dokonywane przez prowadzenie palnika w kierunku do brzegu rury. W wyniku prowadzenia w kierunku przeciwnym rura może zostać przecięta. Poprawiania wykonanego szwu należy w miarę możności unikać,przyczem w razie istotnej konieczności winien być zachowany kierunek podany uprzednio. Przy spawaniu stykowem należy zachować między częściami odległość około 0,5 mm, w przeciwnym razie prawidłowe przeprowadzenie szwu napotyka na pewne trudności.

Łatwość tworzenia się rys nakazuje częste sprawdzanie zapomocą

lupy powierzchni przedmiotów spawanych.

VI. Próby ściskania i wybaczania rur stalowych o wysokiej wytrzymałości.

Próby wykazały wyższość tych rur nad stalowemi zwykłemi pod względem wytrzymałości na ściskanie, niezależnie od tego czy były wyżarzone lub nie, spawane lub niespawane. Przenoszenie obciążeń wybaczających zapomocą tych rur ma cel tylko wtedy, jeśli rury są spawane, posiadają one bowiem zaletę wysokiej granicy płynności w stanie wyżarzonym, co się uwidacznia zwłaszcza w zakresie niesprężystym. W zakresie sprężystym rury te przewyższają rury zwykłe mimo jednakowego spółczynnika sprężystości podłużnej z tego względu, że zakres ten obejmuje również rury o mniejszej smukłości niż dla rur ze stali zwykłej, co należy zawdzięczać wyższej granicy sprężystości, posiadanej przez te stale.

Wyjątkowo dobrze pracowały na wybaczanie rury wyżarzone o składzie procentowym: 0,34 węgla, 0,53 manganu, 0,43 krzemu, 0,019 fosforu i 0,018 siarki co wskazywałoby na pożytek posługiwania się niemi przy przenoszeniu obciążeń wybaczających. Wprowadzenie rur tych jest jednak połączone z koniecznością uprzedniego starannego wyprostowania ich.

VII. Próby skręcania rur zwykłych i wysokowartościowych.

Próby wykazały, że przy stosowaniu rur ciągnionych na zimno, niewyżarzanych i niespawanych dla tego rodzaju obciążeń używanie materjału wysokowartościowego się nie opłaca. Materjał ten zaczyna wykazywać swoją wyższość dopiero przy istnieniu połączeń spawanych w rurach. Wyżarzanie rur stalowych zwykłych jest niepożądane, posiadają one bowiem wytrzymałość na skręcanie znacznie mniejszą niż takie same rury niewyżarzone. Głównemi zaletami rur wysokowartościowych są: większa wytrzymałość na skręcanie i wyższa granica proporcjonalności. Polecane jest stosowanie rur wysokowartościowych wyżarzonych, doprowadza to bowiem do zmniejszenia różnic, zachodzących między wytrzymałością rur spawanych i niespawanych.

VIII. Próby zginania rur zwykłych i wysokowartościowych.

Stwierdzono możność określenia wytrzymałości rur na zginanie na podstawie znajomości granicy płynności przy ściskaniu oraz wytrzymałości rur na ściskanie /właściwie na sfałdowanie ścianek, zachodzące po przekroczeniu pełnego obciążenia/. Granica płynności dla rur wyżarzonych przy ściskaniu i wartość obciążenia, wywołującego trwałe odkształcenie 0,2 % dla rur niewyżarzonych okazały się praktycznie równe naprężeniu zginającemu, wywołującemu trwałe przegięcie 1 mm, co odpowiada trwałemu skrzywieniu 1:600. Wytrzymałość na zginanie rur niewyżarzonych, spawanych lub nie, przewyższała o 25 % wytrzymałość tychże rur na pofałdowanie. Bardzo dobrze zachowały się pod tym względem rury wysokowartościowe, nie wykazujące trwałych odkształceń dla obciążeń poniżej 50 kg/mm². Poleca się zwłaszcza używanie rur wysokowartościowych w stanie wyżarzonym.

Dział. B. Ukształtowanie i wykonanie połączeń spawanych.

I. Konstrukcyjne rozwiązanie połączeń spawanych.

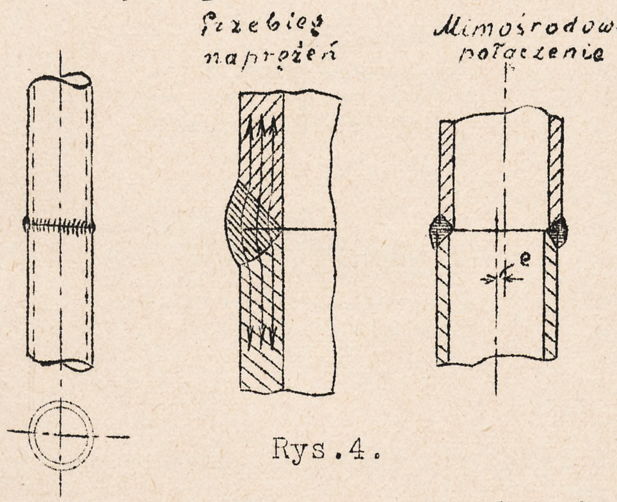
Projektowanie połączeń spawanych musi brać pod uwagę sposób ich wykonywania. Obowiązują tu następujące zasady.

Jako wytrzymałość części spawanych przyjmuje się wytrzymałość

używanych materjałów w stanie wyżarzonym powyżej Ac_3.

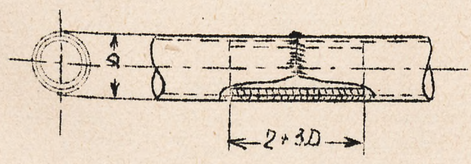
Szwy muszą być tak umieszczone,aby je można było dobrze skontrolować po wykonaniu i łatwo do nich podejść palnikiem podczas wykonywania,winny zatem leżeć w miarę możności na zewnątrz.Szwy umieszczone od wewnątrz przedmiotu są trudne do wykonania,a sam płomień,odbity od ścianek przedmiotu kieruje się zpowrotem na palnik,silnie go rozgrzewając.Dalszym skutkiem tego jest wzrost przeciwciśnienia w przestrzeni mieszankowej palnika, w wyniku czego acetylen znajdujący się pod niższem ciśnieniem niż tlen jest zasysany w mniejszej ilości,a spawanie odbywa się przy znacznym nadmiarze tlenu.Nadmiar tlenu zwiększa skłonność do spalania i powoduje powstawanie tlenków i spadek wytrzymałości spoiny.Tak spalony szew nie daje się już poprawić,gdyż usunięcie tlenków jest niemożliwe.Rozgrzany palnik musi być często chłodzony,a robota w tym celu przerywana.Chcąc uniknąć sparzenia spawacz musi trzymać się zdala od roboty i używać długiego drutu; wyniki takiej roboty są dość niepewne.

Rury o grubości ścianek poniżej 0,5 mm nie powinny być spawane, gdyż się bardzo łatwo przepalają.Robota ta wymaga wielkiej wprawy,nieraz bowiem jest potrzebne usunięcie zapomocą spawania powstałych w ten sposób otworów. W sąsiedztwie szwów materjał taki podlega kurczeniu,czego wynikiem jest powstanie rys lub fałd.W miarę możności należy unikać zbyt wielkich różnic między grubościami ścianek części spawanych. Wykonanie takich połączeń wymaga wielkiej wpaawy.

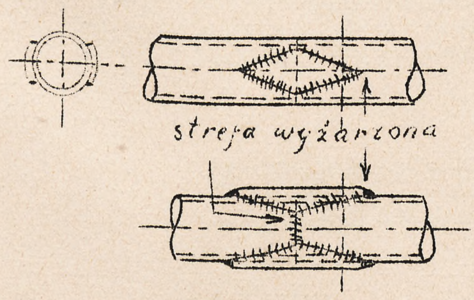


Rys.4.

Przy projektowaniu trzeba się liczyć z tem,że szerokość szwów waha się od 5 do 8 mm i zostawić dość miejsca na to,by sąsiadujące ze szwem części nie stanowiły dlań przeszkody. Minimalna odległość krawędzi części ruchomych od krawędzi szwu powinna wynosić 5 do 10 mm. Zapas ten jest wywołany koniecznością uwzględnienia niedokładności i konstrukcji.



Rys.5.



Rys.6.

2.Połączenia rur.

Najczęściej używanemi połączeniami dwóch współosiowych rur są następujące.

a/ Spawanie na styk/rys.4/

Zalety: wysoka wytrzymałość wskutek najkorzystniejszego przenoszenia się obciążenia.

Wady: może się łatwo zdarzyć,że rury nie zostaną połączone współosiowo /niedokładny przekrój,niejednostajna grubość ścianek/.

b/Spawanie na styk,wzmocnione wsuniętą wewnątrz tuleją./rys.5/

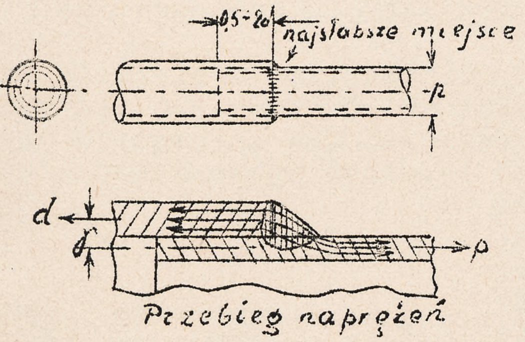
Długość tulei winna być tak dobrana,aby mogła ona wystawać obustronnie poza wyżarzoną przestrzeń. Spawanie w innych miejscach poza szwem obwodowym jest zbędne.

Zalety: osiągnięcie możliwie największej wytrzymałości połączenia, dobre centrowanie rur względem siebie.

Wady: powiększenie ciężaru i utrudnienie wykonania.

c/ Spawanie na styk wzmocnione od zewnątrz zapomocą dwóch nakładek./Rys.6/

Końce nakładek winny wystawać poza strefę wyżarzoną rur,zaś grubość ich winna być nieco większa niż grubość rur aby się zabezpieczyć przed ich stapianiem podczas spawania. Wzmocnienie to podnosi pewność połączenia,zwiększa bowiem długość szwu i wzmacnia wyżarzone przekroje w sąsiedztwie połączenia rur posiadającemi wyższą wytrzymałość przekrojami nakładek. Ponieważ przy szwach powstaje wyżarzony pas 10 do 15 mm szerokości,przeto stosowanie tego wzmocnienia jest usprawiedliwione jedynie dla rur o średnicy większej od 25 mm,w przeciwnym razie nastąpiło-by bowiem spotkanie się dwóch wyżarzonych pasów.

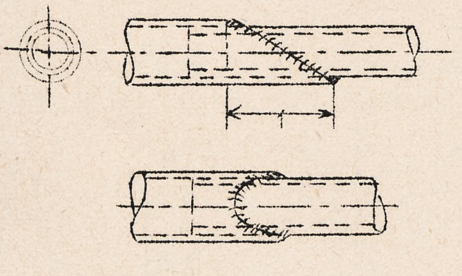


Rys.7.

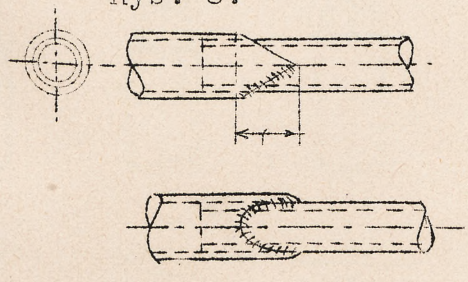
Zalety: zwiększona pewność i wyższa wytrzymałość na rozerwanie.

Wady: trudniejsze wykonanie,zwiększony ciężar,trudność uniknięcia skrzywień,a zatem niemożność stosowania dla rur wybaczanych.

Opisane powyżej sposoby spawania są stosowane w większości wypadków przy dokonywaniu poprawek i zmian konstrukcyj.



Rys. 8.



Rys.9.
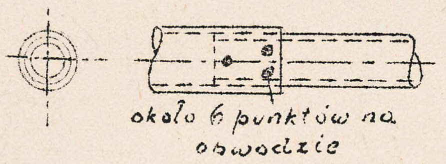
d/ Jedna rura wsunięta w drugą, szew w płaszczyźnie prostopadłej do osi/rys.7/.

Połączenie to znalazło zastosowanie w kratownicach,a zwłaszcza w miejscach zmian przekrojów podłużnic.. Wytrzamałość tego połączenia, obliczona w stosunku do przekroju mniejszej rury, jest nieco mniejsza, niż dla połączenia dwóch takich samych rur na styk,co się tłumaczy mniej korzystnym rozdziałem obciążenia. Połączenie to nadaje się bardzo dobrze do spawania rur,pracujących na wyboczenie,gdyż skurcz zachodzi tu równomiernie na całym obwodzie wskutek czego rury się najmniej wykrzywiają. Wzmacnianie połączenia zapomocą dodatkowego spawania przylegających do siebie części rur niema celu, gdyż najsłabszem miejscem połączenia jest przekrój rury cieńszej w pewnej odległości od szwu.

e/ i f/.Jedna rura wsunięta w drugą,szew w jednej lub w dwu płaszczyznach położonych pod kątem do osi./rys.8 i 9/.

Przy połączeniach tych przekrój prostopadły do osi trafia na części wyżarzone i niewyżarzone,to też stosowanie tego połączenia jest usprawiedliwione jedynie dla rur o średnicy powyżej 25 mm.Dla rur mniejszych nastąpi spotkanie się dwóch sfer wyżarzonych /jak dla c/. Wytrzymałość obu połączeń na rozerwanie jest jednakowa,nieco większa niż dla połączenia poprzedniego.

Wady:wytrzymałość na wyboczenie takich rur jest mniejsza niż dla połączenia poprzedniego wskutek łatwo zachodzącego skrzywienia,za wyjątkiem połączeń krótkich rur, przy których główną rolę odgrywa większa niż poprzednio miejscowa sztywność połączenia. W porówniniu do połączenia poprzedniego ma się tu do czynienia ze zwiększonym ciężarem.

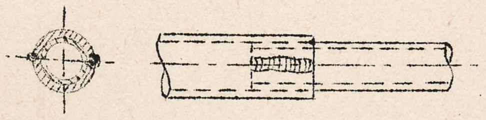


Rys.10

g/ Połączenie dwóch rur,z których jedna wchodzi w drugą,spawaniem punktowem /rys.10/.

Zalety: przekroje rury nie są całkowicie wyżarzone.Przy dobrem wykonaniu wytrzymałość większa niż dla połączenia d/.

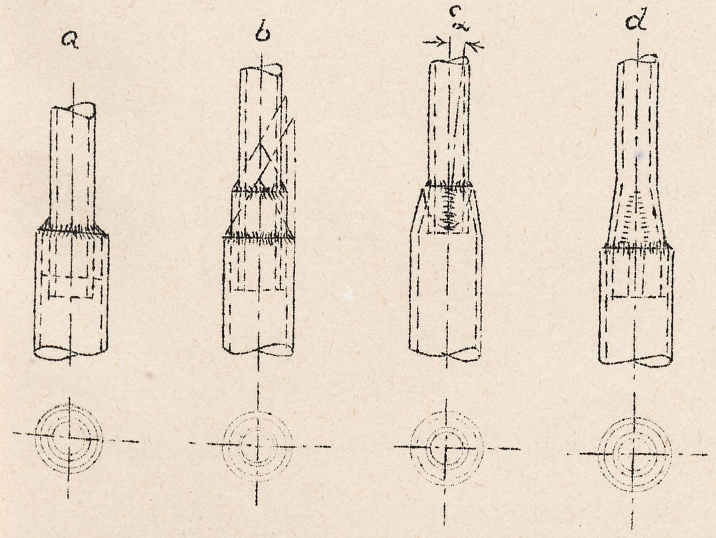
Wady: spawanie w poszczególnych punktach wymaga znacznie większej wprawy niż dla poprzednich połączeń,ponieważ krawędzie otworów łatwo się wytapiają, wskutek czego łatwo może się zdarzyć zbyt wczesne dodanie dodatkowego drutu,co prowadzi do otrzymania nieprawidłowego połączenia. W takich wypadkach następuje przy obciążeniu przedwczesne ścięcie połączeń. Niepewność tę stwierdzono nietylko przy badaniach laboratoryjnych ale również na gotowych konstrukcjach, co stanowiło przyczynę wypadków.



Rys.11.

h/ Połączenie dwóch rur,z których jedna wchodzi w drugą,szwami wzdłuż tworzących./rys.11/.

Zalety: przekroje poprzeczne niewyżarzone całkowicie. Przy dobrem wykonaniu większa wytrzymałość niż według d/.



Rys.12.

Wady:dla przyczyn podanych pod punktem g/ niedostateczna niezawodność połączenia. Występowanie przewężeń w miejscach niepołączonych szwem przy obciążeniach w okolicy granicy płynności.

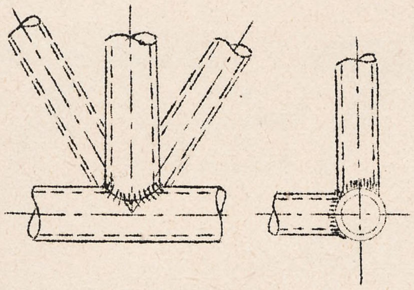
Wspólną wadą połączeń g/ oraz h/ jest brak szczelności dopuszczający do przedostawania się wilgoci między obiema rurami,co prowadzi do korozji na stykających się powierzchniach.

Jakkolwiek pojedyncze próby wykazały dobrą wytrzymałość ostatnich połączeń, to jednak należy uznać występujący przy nich rozkład naprężeń za mniej korzystny,niż przy połączeniu c/. W związku z tem nie poleca się używać tych połączeń

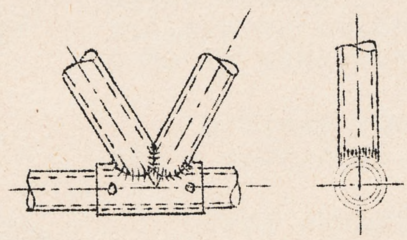
dla prętów pracujących na wyboczenie.

i/ Połączenie dwóch rur,różniących się znacznie przekrojami. /rys.12/.

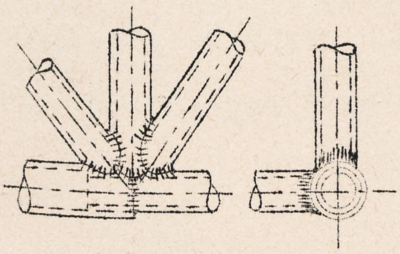
Połączenie da się wykonać przy pomocy pośredniego kawałka rury,według 12 a1b. Wykonanie według a/ jest mniej korzystne ze względu na trudność dobrego połączenia 3-ch części zapomocą jednego szwu.Pod tym względem lepsze jest połączenie według b/,zapewniające lepszy przebieg naprężeń,aczkolwiek towarzyszy mu konieczność powiększenia ciężaru. Wykonanie c/ przewiduje wycięcie z końca rury o większej średnicy dwóch części o kształcie klinu i nadanie jej postaci stożkowej na gorąco. Połączenie obu rur jest zapewnione zapomocą szwu poprzecznego i częściowo szwów podłużnych. Jest ono bardzo dobre ze względu na korzystny przebieg naprężeń. Koniec większej rury może również zostać ukształtowany według rys.8 lub 9.Możliwe jest nadanie mniejszej rurze odchylenia w stosunku do osi większej bez zginania. Rys.12 d obrazuje połączenie wymagające rozszerzenia mniejszej rury przez wpawanie dwóch kawałków z blachy. Warsztatowo przedstawia ono duże trudności. Wytrzymałość tego połączenia również nie jest korzystna,a to z powodu rozszerzenia jednej z rur prostopadle do kierunku ciągnienia.



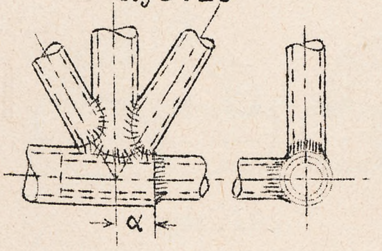
Rys.13.



Rys.14.

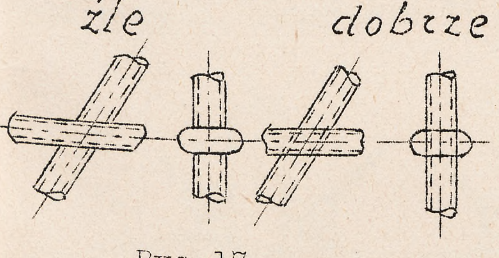


Rys.15



Rys.16.

Wyżej opisane rodzaje połączeń znajdują zastosowanie wyłącznie w punktach węzłowych.



Rys.17.

3. Węzły.

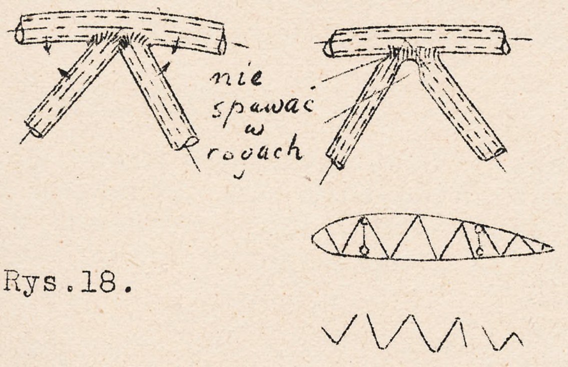
Odpowiednio do wymagań poszczególne punkty węzłowe mogą być mniej lub bardziej złożone. Z najprostszych połączeń opisanych poprzednio można przejść do najczęściej spotykanych punktów węzłowych przez dodanie rur położonych prostopadle lub pod kątem.

a/ Węzły przy podłużnicach o niezmiennym przekroju./rys.13/.

W razie występowania znacznych sił w prętach ukośnych należy wzmocnić podłużnicę zapomocą nasuniętej na nią tulei,przymocowanej paroma punktami /rys.14/. Taka sama tuleja okaże się często potrzebna jeśli w punkcie węzłowym jest przypawane okucie przenoszące znaczne obciążenie.

b/Węzły połączone ze zmianą przekroju podłużnicy: /rys.15 i 16/

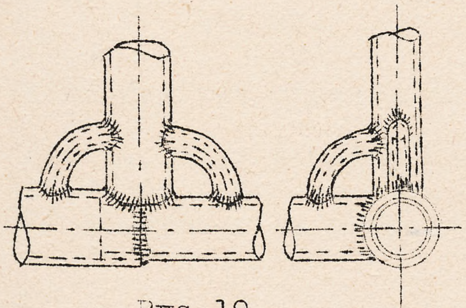
W większości wypadków przekrój podłużnicy ulega zmianie przy przejściu od jednego pola do drugiego odpowiednio do malejącego obciążenia. Zmiana taka może następować według rys.15 lub 16. Koniec rury mniejszej winien być tak głęboko wsunięty, aby zapobiegał odkształceniu się większej rury pod wpływem nacisków bocznych. Zmiana przekroju podłużnicy może być osiągnięta według jednego z rozwiązań, przedstawionych na rys. od 6 do 12 włącznie.



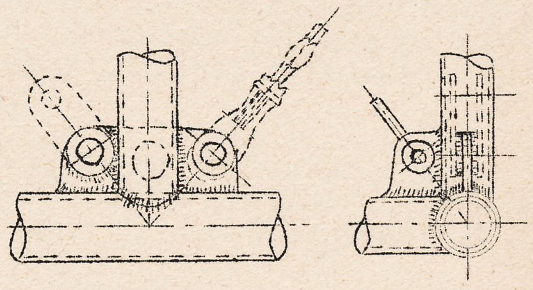
Rys.18.

c/Węzły rur, krzyżujących się z sobą./rys.17/

Przy skrzyżowaniu rury okrągłej z owalem, należy pierwszą przeprowadzić na wylot przez drugą. Przypawanie dwóch oddzielnych rur po obu stronach owalnej grozi otrzymaniem mało sztywnego połączenia, czemu może zapobiec jedynie zastosowanie blach węzłowych. Z dwóch krzyżujących się z sobą rur okrągłych należy jedną z nich przeprowadzić w sposób ciągły, drugą zaś przymocować po obu jej stronach, wzmacniając całość zapomocą blach węzłowych /patrz dalej p.5/.



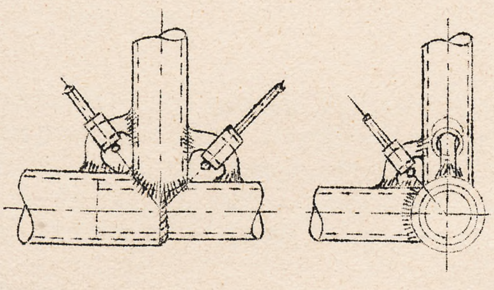
Rys.19.



Rys.20

d/ Węzły opierzeń /rys.18/

Punkty takie wykonywane przeważnie na rurach o wymiarach 6 X 0,5 lub 5 x 0,5, wypadają prostsze w wykonaniu przy rozwiązaniu II aniżeli przy I. Wykonanie II polega jedynie na przeprowadzeniu dwóch szwów podłużnych niepołączonych między sobą, dzięki czemu unika się odkształcenia konstrukcji. Przy wykonaniu według I może się łatwo zdarzyć stopienie końców cienkich rurek. Dodatkową zaletą wykonania według II jest możność wykonania całego żeberka z mniejszej części ilości



Rys.21.

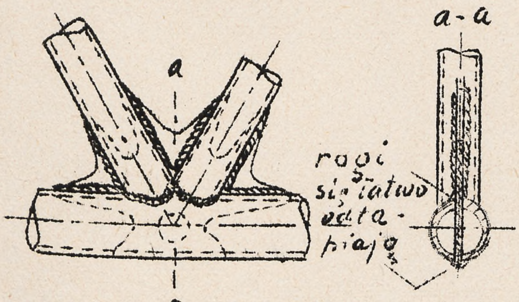
4. Wpawanie uszu

Najdawniej używanym sposobem wpawania tych części jest metoda /Fokker/ pokazana na rys. 19. Wadą tego połączenia jest konieczność naprostowywania sąsiadujących rur, odkształcających się pod wpływem kurczenia się wpawanych uszu. Na rys.20 są pokazane blaszane narożniki, do których zostają przymocowane linki ściągające. Narożniki takie mogą być wstawiane w rury lub nałożone na nie. Dla zapobieżenia wydzieraniu się blach

zostają wstawione małe tulejki stalowe. Umożliwia to zarazem łagodniejsze zagięcie drutu. Przy zastosowaniu specjalnych widełek na końcach linek należy nałożyć po obu stronach narożników nakładki, zmniejszające nacisk jednostkowy między sworzniem a narożnikiem. Połączenie linki z narożnikiem może być osiągnięte za pośrednictwem dwóch blach i sworzni ; Na rys.21 są przedstawione ucha składające się z grubego drutu,na który nawleczono kawałki rurek stalowych. Przypawanie takich uszu bardzo nieznacznie odkształca przylegające rury. Konstrukcja ta posiada przytem niewielki ciężar.

5. Blachy węzłowe.

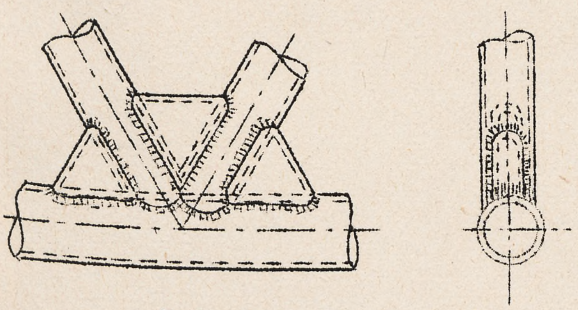
W wielu wypadkach punkty węzłowe są dodatkowo wzmacniane zapomocą wpawanych lub napawanych blach węzłowych. Blachy takie podnoszą w znacznym stopniu sztywność punktów węzłowych. Skracają one długość pręta wybaczanego i zwiększają niepodatność jego zamocowania przy końcach. Przy tem wszystkiem powodują one jednak powstanie niedających się obliczyć naprężeń dodatkowych. Występujące często skrzywienie rur,niedających się wyprostować, niweczy w znacznej mierze korzyści, uprzednio podane. Wskutek zbyt wielkiej sztywności w punktach węzłowych zdarzały się w nich nieraz pęknięcia. Blachy takie pociągają za sobą wzrost ciężaru i podrożenie robocizny,należy zatem zawsze rozpatrzyć czy zastosowanie ich jest istotnie konieczne.



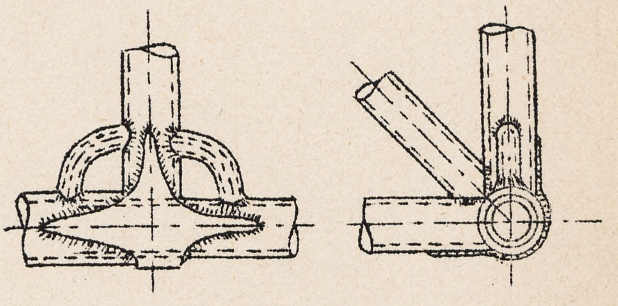
Rys.22.

a/ Blachy węzłowe wpuszczane /rys.22/

Rozwiązaniem dawniej bardzo popularnem są blachy węzłowe wpuszczane,których dopasowanie łączy się z dość znacznemi trudnościami,gdyż grubość piły przecinającej jest rzadko dopasowana do blachy



Rys.23.



Rys.24.

wstawianej.Przy braku wprawy trudno jest uniknąć stapiania się blachy przy końcach i otrzymania złej roboty. Łatwiej jest blachy węzłowe zwyczajnie napawać. Grubość ich powinna być wtedy większa niż grubość ścianek rur ; przy zachowaniu tego warunku blachy nie stapiają się łatwo. To samo się tyczy wszelkich części napawanych.

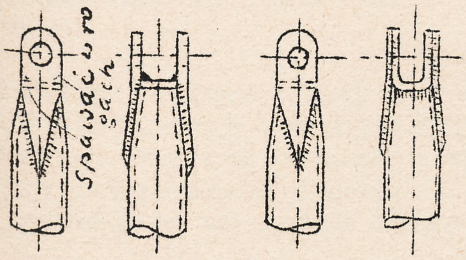
b/ Blachy węzłowe o kształcie U /rys.23/.

Wykonanie to często stosowane nie przedstawia żadnych trudności.

c/ Napawane blachy węzłowe,ostro zakończone/rys 24/

W wielu wypadkach punkty węzłowe są wzmacniane za pomocą blach z ostremi zakończeniami,wybiegającemi w kierunku osi poszczególnych

rur. Wzmocnienie to jest celowe dla rur o średnicy przekraczającej 30 mm, wtedy jeśli może być zastosowane po obu stronach węzła. Jednostronne przypawanie może spowodować odkształcenie rur, którego usunięcie jest utrudnione.



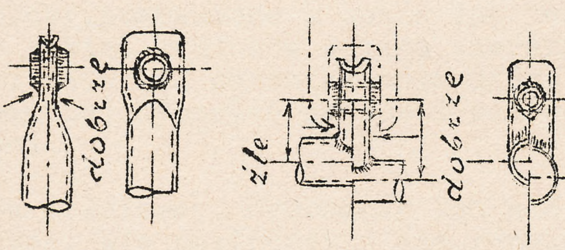
Rys. 25

6. Spawanie rur z innemi częściami konstrukcyjnemi.

Do konstrukcji rurowych mogą być przypawane wszelakiego rodzaju okucia i końcówki. W większości wypadków są to spawane z blachy części o kształcie skrzynek. Przy przypawaniu do końców rur części obrabianych należy się wstrzymać z wierceniem w nich otworów, których położenie winno być dokładnie zachowane, i uczynić to w zespole. Jeśli istnieje konieczność nastawiania jakiejś długości należy przymocować zapomocą spawania odpowiednią część toczoną, w którą się następnie wkręca na gwint potrzebną końcówkę. Zazwyczaj jest rzeczę konieczną nacięcie gwintu po spawaniu części ulegającej gwintowaniu, to też przed spawaniem wystarczy tylko wstępna operacja gwintowania.

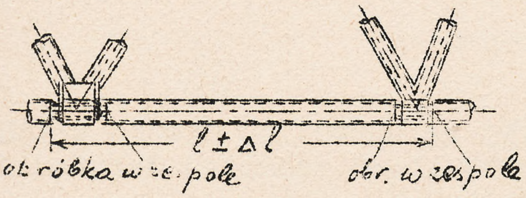
Rys.25 podaje sposoby kształtowania rozwidlonego zakończenia przy końcu rury. Przy wykonaniu jak podano na rys.25 z lewej strony wystarczy postawienie na rogach kropel z drutu do spawania. Szew nieprzerwany jest zbędny.

Spłaszczanie rur, konieczne niekiedy dla przypawania końcówek, musi być tak uskutecznione, aby się zabezpieczyć przed działaniem karbu. W tym celu trzeba unikać w tych miejscach nagłych przejść /rys.26/. Występujący przy spawaniu skurcz sprawia, że wykonanie części spawanych i toczonych lub frezowanych z jednakowemi dokładnościami jest niemożliwe. W tym celu należy przewidzieć możliwość regulacji pewnych odstępów, wyznaczających położenie części dokładnie wykonanych, a więc naprzykład możność obróbki okuć /rys.27/. W tym samym celu poleca się wiercenie dokładnych otworów już po spawaniu.



Rys.26. Unikanie działania karbu

Pokrywanie części spawanych z rur drzewem, blachą czy płótnem jest zawsze połączone z indywidualnem dopasowaniem. Przed przymocowaniem zapomocą spawania części nakładanych należy ułatwić ustalenie ich położenia, przewidując zastosowanie podkładek regulujących, naprzykład ze sklejki.



Rys. 27.

Należy unikać przypawania części w połowie długości rur, wchodzących jako część wykończonej konstrukcji, gdyż powoduje to szkodliwe odkształcenia. Części takie winny być przymocowywane zapomocą klamer zaciśniętych śrubami.

7. Kratownice.

W lotnictwie są w większości wypadków napotykane kratownice przestrzenne, składające się z pojedyńczych spawanych rur. Przy budowaniu takich kratownic trzeba zwracać uwagę na następujące okolicz-

ności:

a/ Konstrukcja kratownicy powinna umożliwiać podział jej na elementy dające się naprostować każdy oddzielnie i połączyć w jedną całość. Wszelkie okucia i nakładane części winny się znaleźć w punktach węzłowych.

b/ Punkty węzłowe winny być możliwie proste aby uniknąć nadmiernych odkształceń oraz towarzyszących im naprężeń i ułatwić wykonanie. Skomplikowane miejsca zmuszają spawacza do ostrożności w manipulowaniu między rozgrzanemi rurami i utrudniają dostęp do spawanego miejsca, nie pozwalają mu zatem skierować całej uwagi na jakość roboty.

c/ Należy się wystrzegać otoczenia punktu węzłowego takim szeregiem trójkątów, aby zewnętrzne pręty ich tworzyły wielobok zamknięty. Sztywność takiego układu groziłaby wywołaniem pęknięć, co stwierdzono w praktyce.

d/ Kadłuby. Rozróżnia się trzy rodzaje spawanych kadłubów:

1. Kadłuby z polami usztywnionemi zapomocą przeciągniętych na krzyż drutów lub linek. Punkty węzłowe w takich kadłubach wypadają stosunkowo proste. Odkształcenia dadzą się z łatwością usuwać. Kadłuby te są jednak mało sztywne.

2. Kadłuby, usztywnione z przodu i w środku członami o kształcie litery K lub trójkątnemi, z tyłu zaś zapomocą drutów. Taka konstrukcja jest najczęściej używana.

3. Kadłuby, pozbawione z boków lub też całkowicie usztywnień z drutu. Robota takich kadłubów wymaga starannego ustalenia kolejnych czynności, gdyż wszelkie odkształcenia dadzą się usunąć jedynie w drodze wypiłowania pojedyńczych prętów i zastąpienia ich nowemi o dobranej długości.

e/ Łoża silnikowe. Wykonanie ich nie przedstawia żadnych szczególnych trudności. Nie nastręczyły one również żadnych trudności w locie.

f/ Opierzenia i t.d. Spawanie ich wymaga wprawnych robotników, składają się one bowiem z cienkościennych rurek o małej średnicy. /5 x 0,5 ; 6 x 0,5 i t.d./

/Dalszy ciąg w następnym numerze./

---oooOooo---

WPŁYW GŁOWIC GLINOWYCH NA DZIAŁANIE SILNIKA SPALINOWEGO

Aluminium Cylinder Heads Urged as Way to Better Design
F.F.Kishline
S.A.E.Journal, April 1933.

Wzrost kompresji silnika prowadzi do powiększenia się spółczynnika rozprężania, stanowiącego o sprawności danego silnika, jeśli pozostałe wielkości charakterystyczne pozostają niezmienne. Jest to przyczyną dużej sprawności silników wysokoprężnych. Okazało się, że zastosowanie głowic glinowych umożliwia podwyższenie spółczynnika sprężania i rozprężania. Spółczynniki te wykazują od szeregu lat skłonność do powiększania się, a głowice glinowe pozwoliły na dokonanie dalszych postępów w tym kierunku.

Głowica glinowa umożliwia podwyższenie spółczynnika sprężania w porównaniu do wartości na jaką pozwala taka sama głowica żeliwna.

Nie należy oczekiwać lepszego działania silnika zaopatrzonego w głowicę glinową, jeśli stopień sprężania pozostanie niezmieniony, przeciwnie nawet, zmiana taka łączy się z pojawieniem się dodatkowych strat, zwłaszcza przy pracy na niskich obrotach i przy niewielkich temperaturach.

W dalszym ciągu zostanie podane porównanie dwóch silników. Jeden z nich posiada głowicę żeliwne i pracował przy spółczynniku sprężania 5,5 na paliwo o liczbie oktanowej 62 do 65. Drugi silnik był zaopatrzony w głowicę glinową, pozwalającą na podwyższenie spółczynnika sprężania do 6,5. Pozatem oba silniki pracowały w jednakowych warunkach co się tyczy temperatur powietrza, wody i mieszanki, wymiarów przewodów, gaźników, zaworów oraz rozrządu zaworów. Przy całym zakresie obciążeń oba silniki pracowały bez oznak detonacji.

	Żeliwo		Glin
Moc na litr, KM	20,8 do 21,1		23,2 do 23,8
Kgmt na litr	5,65 do 5,73		6,03 do 6,07
Zużycie paliwa gr/KMegodz przy mocy maksymalnej	330		298
Wzrost mocy w %		10,5	
Wzrost momentu w %		7,0	
Spadek zużycia paliwa w %		10,5	
Spadek ciężaru silnika w %		5,0	

Wzrost spółczynnika sprężania powoduje szereg dalszych konsekwencyj, trudniejszych do oceny, jako to:

1. Lepsza praca bez obciążenia, dzięki zmniejszeniu o 23 % ilości wydyszyn, mieszających się z zasysaną mieszanką.

2. Lepszy rozruch dzięki wytwarzaniu się większej próżni przy danej ilości obrotów, wskutek bowiem mniejszej przestrzeni dawkowej silnik lepiej pracuje jako pompa ssąca; lepsze przyspieszenie po pierwszym zapłonie.

3. Niższa temperatura wydyszyn, spowodowana większą sprawnością cieplną, zatem większa trwałość zaworów wydechowych.

4. Lepsze chłodzenie przy danej objętości chłodnicy. Lepsze przewodnictwo cieplne glinu jest z naddatkiem zrównoważone mniejszą powierzchnią przestrzeni, objętej płomieniem i lepszą sprawnością cieplną.

5. Mniejsze obciążenie korbowodów przy znacznych szybkościach, gdyż podwyższone ciśnienie mieszanki przeciwstawia się bezwładności korbowodów.

6. Mniejsza ilość osadu węglowego co przypuszczalnie należy zawdzięczać niższym temperaturom ścianek przestrzeni dawkowej. Twierdzenie to jest oparte na obserwacjach poczynionych na silnikach samochodowych, mających za sobą 30.000 do 50.000 km drogi i różniących się między sobą jedynie materjałem głowicy, któremu zatem należało zawdzięczać poprawę. Przy badaniach samochodów można było wogóle zawsze stwierdzić niezbyt wielką a jednak bardzo wyraźną przewagę silników, zaopatrzonych w głowice glinowe pod względem odpornosci na detonacje i na straty mocy.

7. Równość biegu taka sama przynajmniej, jak w silniku z głowicą żeliwną, posiadającym spółczynnik sprężania mniejszy o jeden. Należy to przypisać takiej samej szybkości wzrostu ciśnienia podczas spalania w obu silnikach.

8. Szybsze powiększenie się mocy silnika w miarę wzrostu ilości obrotów. Tłumaczy się to tem, że straty spowodowane wodą chłodzącą, maleją wskutek krótszego trwania jednego cyklu pracy i że sprawność wolumetryczna silnika rośnie przy większych kompresjach i nie dopuszcza do ujawnienia się w tym stopniu ujemnego wpływu, jaki mają pod tym względem duże obroty. Wniosek ten znalazł swe potwierdzenie w wyższem podciśnieniu, stwierdzonem podczas prób w przewodach wydechowych silników o wyższej kompresji. Charakterystyczne jest, że niefachowcy natychmiast poznawali silniki samochodowe o niższej kompresji po jego mniejszej wrażliwości, chociaż nie umieli sobie tego wytłumaczyć.

Podczas prób badano również wpływ umieszczenia świec na działanie silnika. Stwierdzono, że przy pewnem umieszczeniu świec, palących w odstępie 6°, moc silnika z głowicami żeliwnemi dorównała mocy silnika zaopatrzonego w głowice glinowe, zostało to jednak okupione bardzo nierówną pracą silnika, połączoną ze stukaniem. Można to objaśnić raptownym wzrostem ciśnienia mieszanki, zapalanej jednocześnie w dwóch oddalonych od siebie miejscach. Zostało dowiedzionem, że oba metale pracują jednakowo w miejscach chłodzonych wodą. Obecnie wydaje się pewnem, że przewaga glinu pochodzi z jego zdolności szybszego odprowadzania ciepła z miejsc silnie rozgrzanych i z jego wyższego ciepła właściwego. Ponadto zdolność przewodzenia ciepła przez glin rośnie z temperaturą, podczas gdy dla żelaza rzecz się ma odwrotnie. Zdolność pochłaniania lub odbijania ciepła odgrywa również rolę w zachowaniu się glinu, chociaż nie wiadomo w jakim stopniu. Głowica glinowa czysta pracuje gorzej, niż po zadymieniu podczas pracy. Wytworzenie szorstkiej powierzchni glinu ma jednak ujemny wpływ na pracę silnika.

Na zakończenie autor zaznacza, że jedyną metodą powiększenia mocy silnika samochodowego jest pójście w górę ze sprężaniem, czemu przedewszystkiem sprzyja wprowadzenie glinu jako materjału na głowice.

---oooOOooo---

NOWY INDYKATOR DLA SILNIKÓW SZYBKOBIEŻNYCH 1/
A New High-Speed Engine Indicator
E.S.Taylor i C.S. Draper
Mechanical Engineering, March 1933

Trudność zbudowania indykatora, podającego przebieg pojedynczego obiegu pracy silnika doprowadziła do rozwoju pewnej liczby takich urządzeń, umożliwiających wyznaczenie wykresów składających się z szeregu punktów pochodzących z większej liczby takich obiegów. Żadne z nich nie okazało się jednakże zupełnie zadawalające. Wyrazem dalszego postępu na tem polu jest indykator, zbudowany w wyniku współpracy między Laboratorjum Silników Lotniczych /Aeronautical Engine Laboratory/ i Wydziałem elektrycznym Technologicznego Instytutu z Masachusetts / Massachusetts Institute of Technology/.

Indykator punktowy z zaworem wybierającym nie posiada zdaniem autorów wielkiej przewagi nad indykatorem, zdejmującym obieg chwilowy a to wskutek trudności, połączonych z działaniem zaworu, oraz konieczności zastosowania długiego przewodu pośredniego między cylindrem, a indykatorem. Żaden z tych indykatorów nie nadaje się do dokładnych pomiarów ilościowych.

Indykator o wyrównoważaniu ciśnienia daje wyniki bardziej zbliżone

1/ Patrz artykuł o indykatorach dla silników lotniczych w kwietniowym zeszycie Technicznych Nowości Lotniczych.

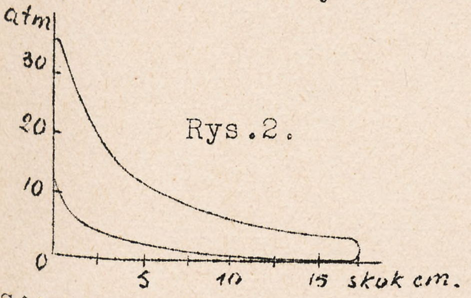
do rzeczywistości, aczkolwiek dokładność jego pozostawia również wiele do życzenia ze względu na nierówną powierzchnię dwóch stron zaworu wystawionych na ciśnienie. Różnica ta jest nieuchwytna, ponieważ zależy od stanu siedzeń zaworu. Niewygodę sprawia przy tem urządzeniu częste rozbieranie zaworu, konieczne dla oczyszczenia i dotarcia go do siedzeń. Mechanizm rejestrujący tego indykatora jest bardzo prosty i zadawalający w działaniu.

Przyjęło się przekonanie, że najdokładniejszym z indykatorów o wyrównażaniu ciśnienia jest indykator membranowy, opracowany przez Bureau of Standards. Posiada on tę wadę, że dla zdejmowania wykresów potrzeba długiego okresu czasu.

Indykator opisany w tym artykule miał połączyć w sobie zalety mechanizmu rejestrującego zastosowanego w indykatorze Farnboro z dokładnością i niezawodnością membrany Bureau of Standards. Możliwem jest łączne zastosowanie obu tych urządzeń z poniżej opisanym specjalnym obwodem elektrycznym bez dokonywania w nich żadnych przekształceń. Tak jednak nie uczyniono ze względu na oszczędność i wygodę, które się dały osiągnąć dzięki wprowadzeniu pewnych zmian.

Przewidziano, co zostało potwierdzone doświadczalnie, że przerywanie prądu w uzwojeniu pierwotnem pod bezpośrednim wpływem membrany byłoby połączone ze znacznemi trudnościami i że byłoby korzystniejsze użycie przekaźnika. Pożądane właściwości znaleziono do tego celu w rurce thyratronowej, napełnionej gazem. Z pomocą Wydziału Elektrycznego M.I.T. został zbudowany specjalny obwód elektryczny, powodujący wyładowanie między końcówkami obwodu wtórnego pod wpływem membrany, zwierającej lub przerywającej słaby prąd anodowy rurki.

Urządzenie posiada dwa takie obwody, jeden dla włączania, drugi dla wyłączania prądu przez membranę. Włączanie obwodów odbywa się zapomocą przełącznika trójbiegunowego. Rys.1 podaje wygląd wykresu, zdjętego zapomocą tego indykatora. Wznosząca się część została wyznaczona za pośrednictwem obwodu dla membrany, włączającej prąd, zaś część odpowiadająca spadkowi ciśnienia, za pośrednictwem drugiego obwodu. Oddzielne wyznaczanie ciśnień rosnących i spadających zapewnia



Rys.2.

Silnik N.A.C.A.
spółcz. sprężania 5:1
p_i = 9,2 kg/cm^2
p_e = 7,6 kg/cm^2
ciśnienie tarcia 1,4 kg/cm^2

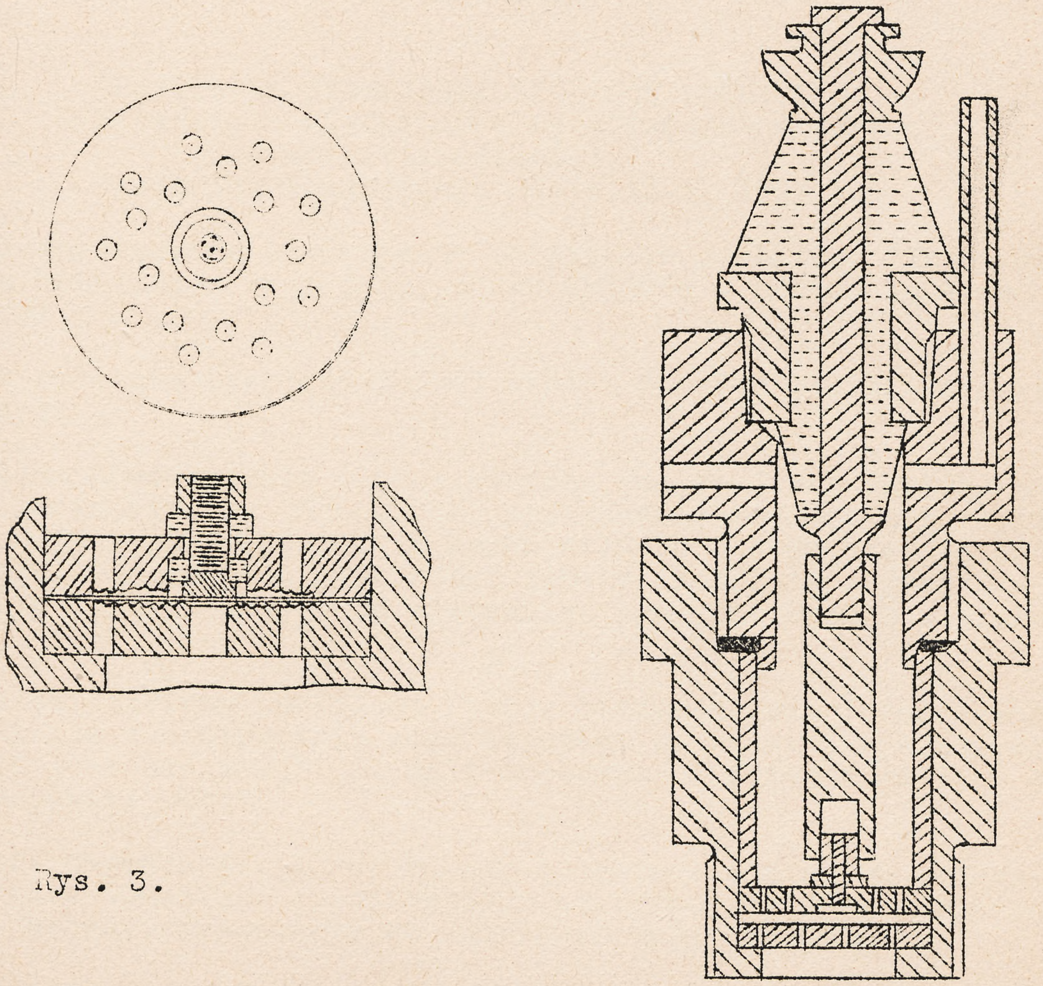

Rys.1.

otrzymanie wykresu bez przerwy u wierzchołka, podającego właściwą wartość ciśnienia maksymalnego. Na Rys.2 jest uwidoczniony ten sam wykres przeniesiony do spórzędnych ciśnienie-objętość. Należy zwrócić uwagę na zgodność wyników, otrzymanych przy pomiarze ciśnienia indykowanego na podstawie wykresu i metodą zwykłą.

Rys.3 pokazuje przekrój elementu,wystawionego na ciśnienie,dość małego dla umieszczenia w zwykłem otworze dla świecy o średnicy 18 mm Element ten różni się bardzo nieznacznie od elementu N.A.C.A. i jest z nim zamienny. Membrana posiada czynną powiedzchnię o średnicy 9,5 mm przy grubości 0,08 mm. Pomimo to,że nie jest tu przewidziane chłodzenie dodatkowe,wbudowanie zaworu między membranę a cylinder okazało się zbędne, a uszkodzenia membrany są niezmiernie rzadkie. N.A.C.A. Technical Note No.359 podaje powody,dla których element Bureau of Standards uległ zmianie.

W mechanizmie rejestrującym dźwignia,wypuszczająca iskrę,jest poruszana przez tłok bez pośrednictwa przekładni. Tłok ten działa w cylindrze,do którego jest dotarty, i znajduje się pod wpływem tego samego ciśnienia,które obciąża membranę. Indykator podaje wykresy o dużych rozmiarach,pozwalających zmniejszyć do minimum błędy pomiarowe. Na osi bębna rejestrującego znajduje się hamulec,eliminujący luzy w mechanizmie napędzającym. Sprzęgło mechanizmu włącza się zawsze w tem samem położeniu. Mechanizm rejstrujący posiada regulację położenia pozwalającą na ustawienie go pionowo na przenosnej szafce,w której się miesci urządzenie elektryczne.

Posługiwanie się tym indykatorem jest prawie takie same,jak dla indykatora Farnboro, z tym wyjątkiem,że trójbiegunowy przełącznik zostaje przełączony wówczas gdy ciśnienie przekroczyło wartość maksymalną. Oddzielenie elementu rejestrującego od wnętrza cylindra w czasie przerw w używaniu indykatora nie jest konieczne,zbędne jest również specjalne chłodzenie. Element z membraną zostaje wkręcony w otwór dla świecy i połączony ze zbiornikiem ciśnienia zapomocą prze-



Rys. 3.

wodu miedzianego o średnicy 4,8 mm, oraz z obwodem elektrycznym. Przewody elektryczne winny być oddalone od przewodów zapłonu, w przeciwnym razie może wystąpić wyskakiwanie dodatkowych iskier, mogących wprowadzić w błąd. W pewnych wypadkach konieczne jest zastosowanie przewodu opancerzonego osłaniającego membranę. Mechanizm rejestrujący zostaje umieszczony na miejscu, poczem bęben otrzymuje połączenie z wałem wykorbionym silnika. Na bębnie zostaje nawinięty kawałek papieru nawęglonego, węglem do wewnątrz i przymocowany zapomocą opasek gumowych. Po ustawieniu dźwigni z ostrzem, wypuszczającem iskry, nad bębnem zostaje włączone sprzęgło, wprawiające bęben w ruch poczem następuje włączenie obwodu elektrycznego. Przez powolne otwieranie zaworu, dopuszczającego azot ze zbiornika, wywołuje się wzrost ciśnienia po drugiej stronie membrany. Po osiągnięciu maksymalnego ciśnienia iskry przestają się ukazywać do chwili, kiedy się przełączy przełącznik w drugie położenie. Wówczas ciśnienie winno być stopniowo zmniejszane do atmosferycznego. Po zdjęciu wykresu należy odłączyć drut, prowadzący od membrany i przyłączyć inny, biegnąc w pobliżu przewodu zapłonu. Przez zmniejszanie i zwiększanie ciśnienia powstanie na wykresie pionowa linja, oznaczająca położenie punktu zapłonu. Przez kolejne oznaczanie chwili następowania zapłonu bezpośrednio i za pośrednictwem obwodu z rurką thyratronową stwierdzono, że opóźnienie, spowodowane tą metodą jest zbyt małe, aby je można było w ten sposób wykryć. Umiejscowienie otrzymanego wykresu w fazie jest niemożliwe za pośrednictwem punktu zapłonu, którego dokładne położenie zostaje wyznaczone zapomocą metody zastosowanej na silniku C.F.R. Podczas upałów występuje niekiedy przegrzewanie się thyratronu, czemu można zapobiec, stosując wentylator.

---oooOooo---

OBLICZENIA REDUKTORÓW SILNIKÓW LOTNICZYCH.

K rasczetu rieduktorow awiacjonnych motorow.
Inż.mech.W.A.Dolleżal.
Tiechnika Wozdusznego Flota Nr.4, 1932 r.

Przeprowadzone szematyczne obliczenie reduktora ilości obrotów silnika lotniczego odnosi się do reduktorów z kołami zębatemi cylindrycznemi.

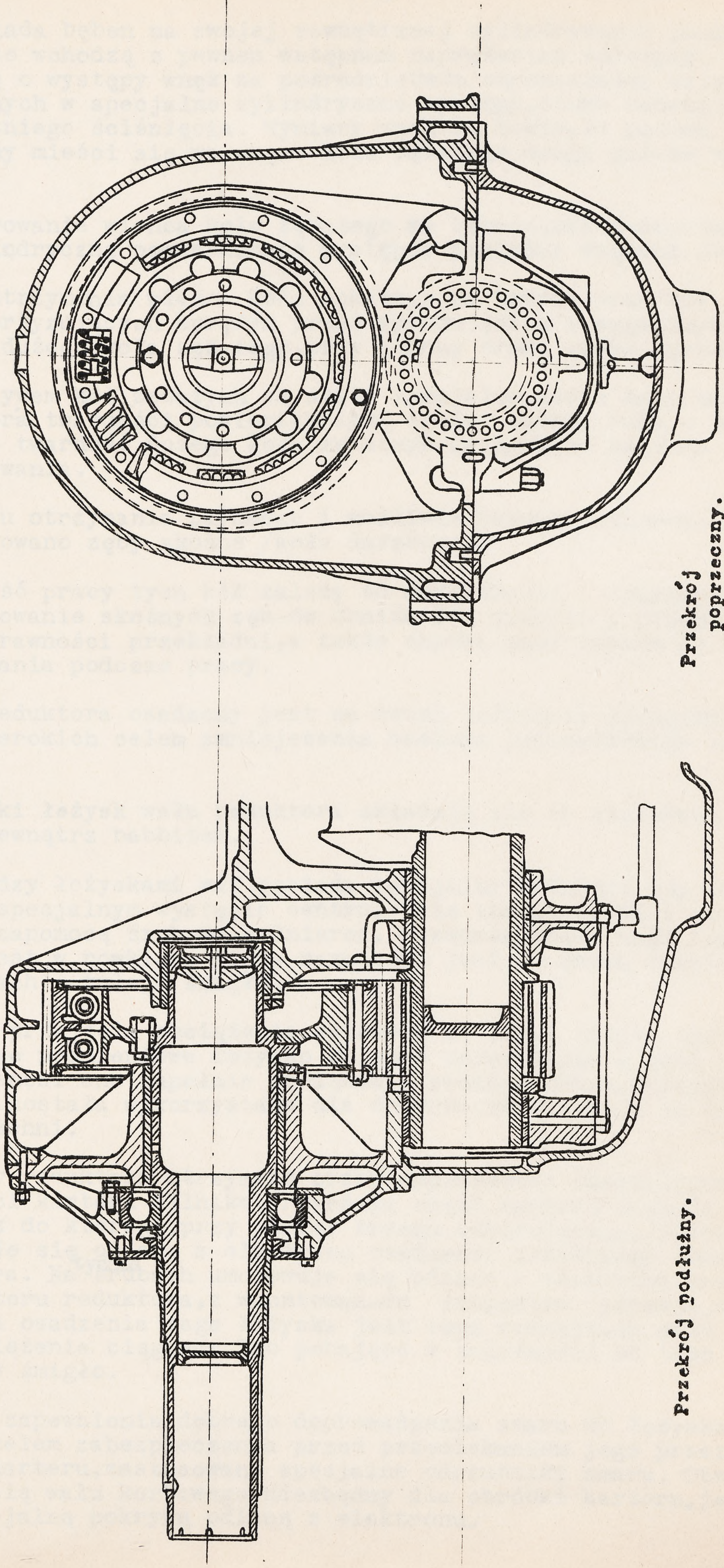
Za podstawę przyjęty został szemat reduktora silnika Curtiss "Conqueror".

Celem zredukowania ilości obrotów śmigła firma Curtiss zastosowała w swoim silniku "Conqueror" przekładnię kół zębatych cylindrycznych. W tym celu na przednim końcu wału korbowego zostało osadzone na specjalnych rowkach małe kółko zębate. Rowki te zapewniają dobre osadzenie zabezpieczając od przesunięć promieniowych i w kierunku obrotu.

Dzięki takiemu profilowi rowków otrzymuje się jednocześnie szczelne osadzenie i centrowanie koła zębatego na wale. Z rysunku widać, że kółko to jest zaciśnięte na wale korbowym nakrętką z gwintem przeciwnym kierunkowi obrotu.

Małe napędzające kółko zębate, zazębia się z dużem napędzanem, które przez specjalne cylindryczne amortyzujące sprężyny, przenosi ruch na bęben, przymocowany do kołnierza wału reduktora.

Konstrukcja połączenia dużego koła zębatego z bębnem, jak widać na rys.1, jest następująca: na wewnętrznej stronie wieńca dużego koła zębatego wybrane są wnęki ; odpowiednio takież same wnęki i tę samą



Przekrój poprzeczny.

Przekrój podłużny.

RYS. 1. REDUKTOR SILNIKA CURTISS "CONQUEROR".

ilość posiada bęben na swojej zewnętrznej cylindrycznej powierzchni. We wnęki te wchodzą z pewnem wstępnem naprężeniem sprężyny. Sprężyna opiera się o występy wnęk za pośrednictwem odpowiednich talerzyków, zaopatrzonych w specjalne cylindryczne występy,które zabezpieczają ją od zbytniego ściśnięcia. Wymiary wnęk są takie,że połowa talerzyka sprężyny mieści się we wnęce koła zębatego,druga zaś-we wnęce bębna.

Centrowanie wieńca koła zębatego na bębnie,uskutecznione jest przez cylindryczną powierzchnię występów pomiędzy wnękami obu części.

Dla utrzymania wieńca koła zębatego na bębnie,oraz dla zabezpieczenia amortyzujących sprężyn przed wypadnięciem z wnęk,umocowano z obu stron dużego koła zębatego,przy pomocy śrub, -dwie tarcze.

Tworzywem kół zębatych są stale specjalne,które dają na przyrządzie Sc'h orá twardości powierzchniową zębów: małego koła - 75,dużego - 92. Taka twardość dużego koła zębatego osiągnięta została przy pomocy azotowania.

W celu otrzymania płynnego i możliwie bezuderzeniowego połączenia zastosowano zęby skośne /koła daszkowe/.

Pewność pracy tych kół zależy od dokładności i staranności obróbki. Zastosowanie skośnych zębów obniża ich zużycie i zwiększa spółczynnik sprawności przekładni,a także chroni koła zębate od zbytniego nagrzewania podczas pracy.

Wał reduktora osadzony jest na dwuch łożyskach ślizgowych,odpowiednio szerokich celem zmniejszenia nacisku jednostkowego oraz pracy tarcia.

Panewki łożysk wału reduktora składają się ze stalowych łupków wylanych wewnątrz babbitem.

Pomiędzy łożyskami wał posiada specjalny kołnierz dla umocowania bębna. Na specjalnym występie centruje się tarczę bębna i przymocowuje się ją zapomocą śrub do kołnierza. Przednia część wału /czop/ zaopatrzona jest w rowki,na które nasadzona jest na dwuch rozpierających stożkach - tuleja śmigła.

Celem przejęcia obciążenia osiowego od ciągu śmigła zastosowano jednorzędowe promieniowe łożysko kulkowe umieszczone w taki sposób, że nie przenosi ono zupełnie obciążenia promieniowego.Wewnętrzna część wału została wykorzystana dla doprowadzenia smaru do trących się powierzchni.

Karter reduktora otrzymano przez odpowiednie ukształtowanie przedniej części karteru silnika. Przednia część karteru posiada obrobiony kołnierz do którego,przy pomocy brzegu centrującego,/patrz rys.1./ przymocowuje się odlane z elektronu osadzenie przedniego łożyska wału reduktora. Na tychże śrubach umocowuje się odlaną z elektronu przednią część karteru reduktora,z wmontowanem łożyskiem oporowem,kulkowem. Konstrukcja osadzenia tego łożyska jest tego rodzaju,że może ono przejmować obciążenia ciągnące lub pchające w zależności od tego jakie zastosujemy śmigło.

Celem zapewnienia dobrego doprowadzenia smaru do łożyska kulkowego oraz celem zabezpieczenia przed przeciekaniem jego przez przednią część karteru,zastosowano specjalne odrzutniki smaru. Otwór współosiowy z osią wału korbowego,niezbędny dla obróbki karteru,jest zamknięty specjalną pokrywą odlaną z elektronu.

Smarowanie części trących się reduktora pomyślane jest w dwuch kierunkach:

1/ dla doprowadzenia smaru do łożysk wału reduktora zastosowano specjalny odbiór smaru z magistrali,smarując tylne łożysko wału reduktora,a przez wewnętrzną część wału i specjalne otwory również i przednie łożysko wału;

2/ z drugiego /od przodu/ łożyska ślizgowego wału korbowego przez specjalną rurkę smar bezpośrednio doprowadza się do miejsca zazębienia kół zębatych i przez małe otworki wycieka wprost na zazębiające się zęby.

Przednie łożysko wału korbowego otrzymuje smar z głównej magistrali.

OBLICZENIE REDUKTORA.

I. Główne wielkości i wzory:

Przyjmiemy oznaczenia:

N_e - moc silnika w KM.
n_{siln} - ilość obrotów wału korbowego na min.
$n_{śm.}$ - ilość obrotów śmigła na min.,zgodnie z wybranym typem samolotu i śmigła.

Jeżeli zadaną jest przekładnia /redukcja/ i ,to ze wzoru

$$i = \frac{n_{śm.}}{n_{siln.}}$$

znajdujemy ilość obrotów śmigła /wału reduktora/:

$$n_{śm} = n_{siln} \cdot i \quad \text{obr/min.}$$

Średnice kół zębatych.- Dla określenia wielkości kół zębatych koniecznem jest założenie wielkości,wziętych z praktyki. Spotykane obecnie w praktyce szybkości obwodowe kół zębatych reduktorów silników lotniczych,wystarczająco pewnie pracujących w exploatacji,nie przekraczają 18 - 19 m/sek. /szybkość mierzona jest na kole podziałowem/. Ta wielkość szybkości obwodowej ogranicza wybór średnic podziałowych kół zębatych. Według wszelkiego prawdopodobieństwa zwiększenie szybkości obwodowych na zębach leży w granicach możliwości produkcji.

Specjalnie staranny i dokładny wyrób profilu zęba oraz czystość trących się powierzchni zapewnia możliwie bezuderzeniową i płynną pracę, co pozwoli zwiększyć szybkość obwodową,bez obawy ujemnych następstw.

Maksymalny nacisk na ząb,występujący podczas pracy,może być znacznie wyższy od obliczonego z średniego momentu skręcającego,a to skutkiem przyspieszeń powstających od niedokładności obróbki zębów, nierównomierności momentu kręcącego oraz drgań skrętnych wału korbowego.

Szybkość obwodowa $v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_{siln}}{60}$ m/sek.;

gdzie:

n_{siln} - ilość obrotów wału korbowego silnika na min.
D_1 - średnica podziałowa małego koła zębatego reduktora w metrach.

Ilość zębów i moduł przekładni: Spotykane w praktyce liczby zębów ograniczone są długością linji przyporu przekładni.

Za minimalną ilość zębów dla małego koła zębatego należy właściwie uważać - 21 /Rolls-Royce "Condor"/.Jednakże tak mała ilość prostych zębów wymaga zbyt dokładnej obróbki/aż do szlifowania włącznie/, by otrzymać pewne zazębienie. Zwykle usiłują zwiększyć liczbę zębów w celu zwiększenia długości linji przyporu. Drugi warunek - trwałość zęba przy małym module. W celu wzmocnienia zęba i otrzymania maksymalnej płynności pracy otrzymały zastosowanie w praktyce koła zębate o zębach skośnych /koła daszkowe//Curtiss "Conqueror"/.

Wielkość modułu i liczba zębów związane są zależnością:

$$D_I = z_I \cdot m_s \quad \text{i} \quad D_{II} = z_{II} \cdot m_s$$

gdzie: D_I i D_{II} -średnice podziałowe odpowiednio małego i dużego koła zębatego reduktora w mm.
z_I i z_{II} -odpowiednie liczby zębów.
m_s - moduł obwodowy przekładni w mm.

Odpowiednio do tego określamy podziałkę obwodową przekładni:

$$t_s = m_s \cdot \pi \qquad \text{mm.}$$

Jeżeli przekładnia jest o zębach skośnych /daszkowa/,to mając kąt nachylenia zębów względem tworzącej λ albo zakładając go,możemy znaleźć normalny moduł w mm.

$$m_n = m_s \cdot \cos\lambda$$

oraz normalną podziałkę również w mm.

$$t_n = t_s \cdot \cos\lambda$$

Szerokość kół zębatych wzdłuż zęba b_s albo długość zęba,nie może być zbyt dużą,ze względu na trudności technologiczne.Dla przekładni o zębach skośnych rzeczywista długość zęba wynosi / w mm./:

$$b_n = \frac{b_s}{\cos\lambda},$$

dla przekładni zaś o zębach skośnych.

$$b_n = b_s$$

II. Wytrzymałościowe obliczenie zębów kół zębatych:

Obliczenie sił i momentów: Określamy moment kręcący na wale korbowym silnika w kgm.:

$$M_{kr.s.} = 716,2 \frac{N_{siln}}{n_{siln.}}$$

Stąd,mając średnicę małego koła zębatego,określamy siłę obwodową:

$$P = \frac{M_{siln}}{D_I/2} \qquad \text{kg.}$$

Moment kręcący na wale reduktora /śmigła/ znajdziemy ze wzoru:

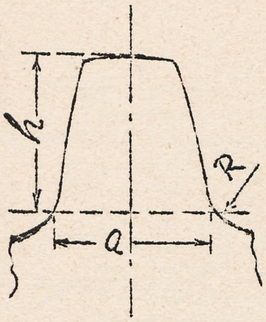
$$M_{śm} = \frac{M_{siln.}}{i}$$

Dla kół zębatych o zębach skośnych siła obwodowa normalna do zęba określa się ze wzoru:

$$P_1 = \frac{P}{\cos\lambda} \quad kg.$$

Dla kół zębatych o zębach prostych $P_1 = P$.

Zakładając profil zazębienia i mając kąt pochylenia linji przyporu ϑ ,określamy nacisk na ząb dla przekładni o zębach skośnych:



Rys.2.

$$P_2 = \frac{P_1}{\cos\vartheta} \quad kg$$

Dla przekładni czołowych siła ta wyrazi się:

$$P_2 = \frac{P}{\cos\vartheta} \quad kg$$

Określamy wielkość c /ze znanego wzoru $P = c.b.t.$ /

$$c = \frac{P_2}{b_n \cdot t_n} \quad kg/cm^2.$$

Spółczynnik zużycia i grzania się - określa się ze zwykłego wzoru z kursu części maszyn:

$$w = \frac{P_2}{b_n} \cdot \frac{(n_{siln} + n_{śm})}{z_1}$$

Z tego wzoru określamy szerokość koła zębatego wzdłuż zęba albo długość zęba b_n .

Naprężenia w zębach. Dla określenia naprężenia w zębach były wykorzystane doświadczenia prof.Tomoszenki.Oznaczamy /patrz.rys.2/ przez:

h - wysokość zęba w mm.
a - grubość zęba u podstawy w mm.
R - promień zaokrąglenia zęba u podstawy w mm

Wówczas można określić spółczynnik profilu zęba i spółczynnik koncentracji naprężeń.

Spółczynnik profilu zęba:

$$\alpha = \frac{a^2}{6.h.t}$$

Jeżeli rozpatrywać ząb,jako belkę utwierdzoną jednym końcem, i przyjąć warunkowo,że siła działająca przyłożona jest na końcu zęba wówczas można napisać:

$$P_2 . h = k_{st} . W$$

gdzie: k_{st} -statyczne naprężenie w kg/cm^2.

W -wskaźnik wytrzymałości w cm^3.

$$W = \frac{a^2 . b}{6}$$

stąd

$$P_2 = k_{st} \cdot \frac{a^2 . b}{6 . h} \quad \text{kg}$$

Z drugiej strony siłę działającą na ząb można wyrazić wzorem następującym:

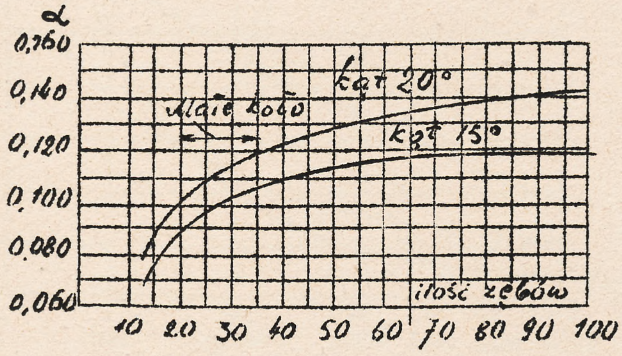
$$P_2 = c . b . t \quad \text{kg.}$$

Przyrównując do siebie obie te wartości i upraszczając otrzymamy:

$$\frac{c}{k_{st}} = \frac{a^2}{6 . h . t}$$

Wyraz ten nazwiemy "spółczynnikiem profilu zęba" i oznaczymy przez α :

$$\alpha = \frac{a^2}{6 . h . t}$$



Rys.3.Zależność spółcz. α od ilości zębów dla zazębienia ewolwentowego dla pochylenia linji przyporu 15° i 20°.

Na rys.3 przedstawione są spółczynniki profilu zęba α dla zazębienia ewolwentowego.

Spółczy-nnik koncentracji naprężeń: W zależności od profilu zęba i stopnia zaokrąglenia przy podstawie,otrzymuje się nierównomierny rozkład naprężeń. Prof.Timoszenko i Baud,opisując w artykule "Obliczenie przekładni zębatej" /Machanical Engeneering,listopad 1926 r/ doświadczenia nad określeniem naprężeń w zębach kół zębatych,doszli do wniosku,że promień zaokrąglenia zęba przy podstawie ma bardzo ważne znaczenie dla konstruktora. Czynnik uwzględniający wpływ wielkości promienia u podstawy zęba na rozkład naprężeń nazwiemy "spółczynnikiem koncentracji naprężeń" i oznaczymy go przez β . Wyżej wymienieni autorzy proponują następujące wyrażenie tego spółczynnika:

$$\beta = \frac{16}{m} , \quad \text{gdzie} \quad m = 1 + \frac{0,15 a}{R}$$

Wprowadzimy jeszcze jeden spółczynnik,który zależy od szybkości na kole podziałowem,tak zwany "spółczynnik szybkości". Podług Levis´a spółczynnik ten można wyrazić następująco:

$$\gamma = \frac{3}{3 + v}$$

gdzie v -szybkość na kole podziałowem w m/sek.

Rys.4 przedstawia przebieg spółczynników szybkości, ~~krzywych obliczonych z różnych wzorów.~~

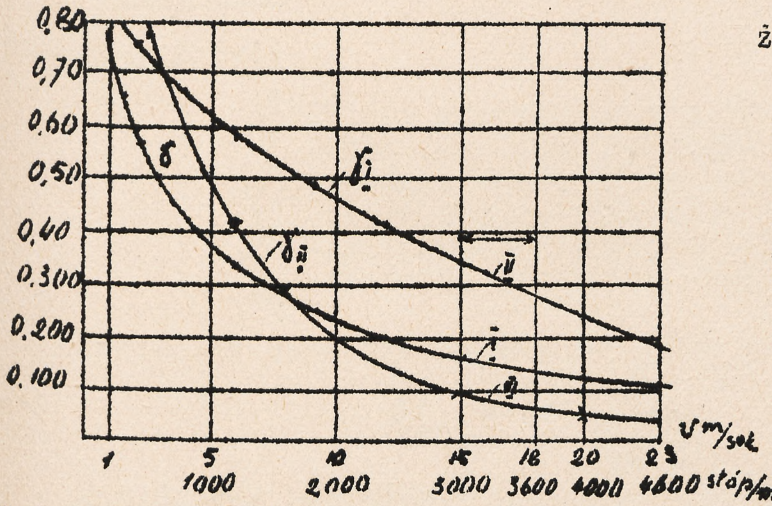
Oprócz wyżej wymienionego wzoru Levisa w Niemczech często stosuje się wzór niemiecki:

$$\gamma_I = 1 - \frac{\sqrt{v}}{5,93} ;$$

gdzie v -szybkość na kole podziałowem w m/sek.

Pozatem interesujący jest wzór Jandesek'a:

$$\gamma_{II} = \frac{1}{1 + \left(\frac{v}{1000}\right)^2} ;$$



Rys.4.Zależność spółcz.prędkosci $\gamma, \gamma_I, \gamma_{II}$ od szybkości na kole podziałowem.
Oznaczenia: I-podług wzoru Levisa,
II-według wzoru niemieckiego $\gamma_I = \left(1 - \frac{\sqrt{v}}{5,93}\right)$,
III-według wzoru Jandeseka.

gdzie v -szybkość na kole podziałowem wyrażona w stopach na min.

Obecnie, znając potrzebne wielkości możemy określić naprężenia w zębach.

Naprężenie w zębach z równania belki utwierdzonej jednym końcem, nazwiemy naprężeniem statycznem:

$$k_{st} = \frac{P_2}{b_n \cdot t_n \cdot \alpha} = \frac{C}{\alpha} \quad kg/cm^2$$

Wprowadzając wszystkie spółczynniki, możemy określić całkowite naprężenie gnące w zębie pracującym kół zębatych:

$$k_g = \frac{P_2}{b_n \cdot t_n \cdot \gamma \cdot \beta \cdot \alpha} = \frac{C}{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma} \quad kg/cm^2.$$

Nie należy zapominać, że wielkości tych naprężeń mają znacznie względne i mogą być przyjęte tylko jako porównawcze. Naprężenie to zostało obliczone, jak widać z poprzedniego, w założeniu, że pracuje tylko jeden ząb koła zębatego /tylko jedna para zębów/.

Dla określenia prawdziwych naprężeń w zębach, koniecznem jest w każdym wypadku znalezienie ilości zębów znajdujących się w danej chwili w zazębieniu a także znalezienie prawa rozdziału obciążeń.

Określamyteraz naprężenie docisku na powierzchni dwuch zazębiających się zębów. Nacisk jednostkowy na pracujące powierzchnie zębów powinien być takim, by smar nie był wyciskany. Względna szybkość poślizgu na średnicy podziałowej kół zębatych, o zębach prostych jest równa zeru. Stwarza to bardzo niekorzystne warunki dla smaru, który w tym wypadku daje się bardzo łatwo wycisnąć.

Oznaczamy przez:

E - spółczynnik sprężystości materjału zębów w kg/mm^2.
r_1 - promień obrysu profilu zęba małego koła zębatego w mm.
r_2 - promień obrysu profilu zęba dużego koła zębatego w mm.
$p_s = \frac{P_2}{b}$ - nacisk na jednostkę długości zęba w kg/mm.

Określamy szerokość paska styku zębów według wzoru Hertz'a:

$$b_1 = 3{,}04\sqrt{\frac{P_3}{E}\cdot\frac{r_1\cdot r_2}{r_1+r_2}} \quad \text{mm.}$$

Znając te wielkości możemy określić naprężenie docisku na powierzchni zęba, zakładając, że zmienia się ono według paraboli:

$$p_{max} = 1{,}5\,\frac{P_3}{b_1} \quad \text{kg/mm}^2.$$

III. Obliczenie sprężyn cylindrycznych -amortyzujących /typu Curtiss "Conqueror"/.

Oznaczymy przez:

ξ -ilość amortyzujących sprężyn,
s -średnica drutu sprężyny w mm,
$d_{śr}$ -średnia średnica zwojów sprężyny w mm.,
i -ilość zwojów roboczych sprężyny,
G -spółczynnik sprężystości tworzywa sprężyny,
D_{spr} -średnica działania siły na sprężyny w mm.

Określimy siłę działającą na jedną sprężynę od siły obwodowej

$$P_{spr} = P\cdot\frac{D_{II}}{D_{spr}\cdot\xi} \quad \text{kg}$$

Znajdziemy naprężenie panujące w sprężynie podczas pracy /robocze/

$$k_{sk.rob} = \frac{P_{spr}\cdot 8\cdot d_{śr}}{\pi\cdot s^3} = \frac{f\cdot s\cdot G}{\pi\cdot d_{śr}^2\cdot i} \quad \text{kg/cm}^2.$$

Strzałka ugięcia podczas pracy wyrazi się wzorem:

$$f_{rob} = \frac{\pi\cdot d^2\cdot k_{sk.rob}\cdot i}{s\cdot G} \quad \text{mm.}$$

IV. Obliczenie smarowania i chłodzenia zębów kół zębatych przekładni reduktora:

Przyjmując spółczynnik sprawności mechanicznej przekładni reduktora η_{red} = 0,98 /Podług danych z Hütte spółczynnik sprawności mechanicznej może dochodzić do 0,99, a czasem przy dobrze wykonanych zębach nawet wyżej/.

Jak wynika z danych katalogu silników f.Curtiss "Conqueror" /patrz.rys.5/ spółczynnik sprawności mechanicznej przekładni reduktora znajdziemy ze stosunku mocy na wale korbowym silników bez reduktora i z reduktorem:

$$\eta_{red} = \frac{600}{612{,}5} = \frac{2400}{2450} = 0{,}98$$

Przyjmiemy spółczynnik sprawności przekładni zębatej η_3 = 0,99, a łożysk η_τ = 0,99.

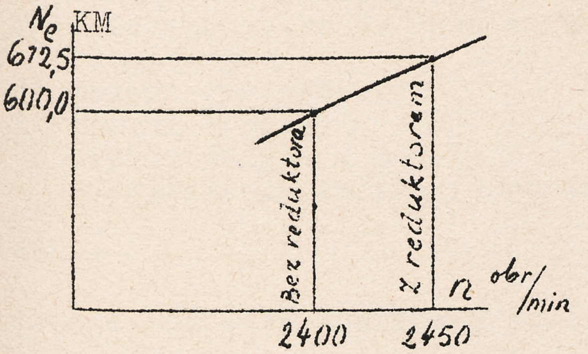
Dla obliczenia ilości, doprowadzanego do kół zębatych, smaru należy założyć spółczynnik wydatku z otworów $\mu = \alpha\cdot\varphi$, gdzie α - spółczynnik przewężenia strugi, φ -spółczynnik wypływu.

Oznaczymy ciśnienie smaru przy wejściu w otwory przez p -atm. / H = 10,33. p metrów słupa wody/.

Znajdziemy szybkość wypływu z otworów:

$$v = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad \text{m/sek.}$$

gdzie g = 9,81 m/sek^2.



Rys.5. Charakterystyka silnika Curtiss Conqueror.

Mając powierzchnie otworów wyjścia smaru f m^2,znajdziemy wydatek smaru:

$$Q = f \cdot v \quad \text{m}^3\text{/sek.}$$

Określimy teraz ilość ciepła wydzieloną przy pracy kół zębatych:

$$B = \frac{75(1-n_3) \cdot N_e}{427} \quad \text{Kal/sek}$$

Stąd znajdziemy ilość ciepła jaka powinna być odprowadzona przez jeden sześcienny metr smaru:

$$q = \frac{B}{Q} \quad \text{Kal/m}^3.$$

Znając ciężar właściwy smaru γ i jego ciepło właściwe c_p możemy znaleźć przyrost temperatury chłodzącego smaru.

Różnica temperatur /przyrost/ określa się z następującego wzoru:

$$t^\circ = \frac{q}{1000 \cdot \gamma \cdot c_p}$$

V. Obliczenie łożyska oporowego wału reduktora.

Wobec dużych osiowych obciążeń,należy dążyć do odciążenia przedniego łożyska od obciążeń promieniowych i dostosować je do przyjmowania tylko ciągu śmigła.

Zgodnie z katalogiem firmy S.K.F. łożysko,poddane jednocześnie osiowym i promieniowym obciążeniom,oblicza się według wzoru:

$$P_z = R + y \cdot A;$$

gdzie:

- P_z - zastępcze obciężenie czysto promieniowe podług którego oblicza się czas pracy łożyska - żywotność, kg.
- R - występujące obciążenie promieniowe, kg.
- A - występujące obciążenie osiowe, kg.
- y - spółczynnik zależny od typu łożyska.

Dobrawszy typ łożyska i obliczywszy P_z można zastosować taki wymiar łożyska,który zapewni wymagany czas pracy łożyska /żywotność/.

Wówczas obciążenie łożyska Q wzięte z katalogu dla danej ilości obrotów:

$$Q = P_z \cdot S \quad \text{kg.}$$

gdzie:

S - spółczynnik pewności.

VI. Obliczenie wału reduktora:

Przy obliczeniu wału reduktora powinny być wzięte pod uwagę:

1/ obciążenie od siły obwodowej ;
2/ rozciąganie końca wału za łożyskiem oporowem w wypadku śmigła ciągnącego ;
3/ moment żyroskopowy ;
4/ moment kręcący ;
5/ ciężar śmigła i piasty ;
6/ niewyważenie śmigła /dopuszczalne/.

Wówczas:

1/ siła od siły obwodowej oblicza się ze wzoru:

$$P_2 = P/\cos \vartheta \quad \text{kg.}$$

2/ siła rozciągająca wał oblicza się ze wzoru na ciąg śmigła i równa się A kg.
3/ wyrażenie na maksymalny moment żyroskopowy dla śmigła dwuramiennego będzie:

$$M_{\dot{z}yr\ max} = 2 \cdot J_0 \cdot \omega \cdot \omega_1 \cdot \sin \alpha \quad \text{kgm.}$$

gdzie:

J_0 - moment bezwładności śmigła kgm/sek^2.
ω - szybkość kątowa śmigła, sek^{-1}
ω_1 - szybkość kątowa płatowca, sek^{-1}
kąt α przyjmuje się 90^0,

Określamy moment bezwładności śmigła :

$$J_0 = M.r^2 = \frac{G}{g} \cdot r^2 = \frac{G \cdot r^2}{9,81} ;$$

gdzie:

M - masa śmigła,
r - ramię bezwładności śmigła, m.
G - ciężar śmigła, kg.

W przybliżeniu ciężar śmigła może być przyjęty:

$$G = \Delta . D^3 \quad \text{kg. ;}$$

gdzie:

D - średnica śmigła w metrach,
Δ - spółczynnik, zależny od materjału śmigła ; według Jurjewa /"Wozdusznyje grebnyje winty"/ spółczynniki te wynoszą dla śmigieł: sosnowych 0,5 - 0,6 ; orzechowych 0,6 - 0,7 ; okutych blachą miedzianą - 0,8 i więcej.

Wzór ten może być stosowany tylko przy obliczeniach przybliżonych, gdyż błąd popełniany może dochodzić do 20 %.

Promień bezwładności można wyrazić wzorem:

$$r = \varepsilon . R \quad \text{m ;}$$

gdzie: R - promień śmigła $= D/2$ m.

ε - spółczynnik, zależny od materjału i wymiarów śmigła ; zwykle waha się on w granicach 0,35 - 0,50.

Dla określenia średnicy śmigła/w przybliżeniu/ można korzystać ze wzoru Kako:

$$D = 1{,}04\sqrt[4]{\frac{N_e \cdot 10^8}{n_{śm}^2 \cdot v_{sam}}} \quad \text{metr ;}$$

gdzie:

N_e - moc, w KM.
$n_{śm}$ - ilość obrotów śmigła na min.
v_{sam} - szybkość samolotu, km/godz.

Szybkość kątowa śmigła:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{śm}}{30} \quad \text{sek.}^{-1}$$

Szybkość kątowa samolotu:

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot \pi}{S} \quad \text{sek.}^{-1}$$

gdzie:

S - czas całkowitego zwrotu samolotu, sek.

4/ Moment kręcący określa się podług wyżej podanego wzoru.

5/ Ciężar śmigła i piasty oblicza się podług projektu śmigła lub bierze się zgodnie z istniejącemi wykonanemi konstrukcjami.

6/ Niewyrównoważenie śmigła. Siła od niewyrównoważenia wyrazi się, jako siła odśrodkowa różnicy ciężarów ramion, wzorem:

$$T = \frac{G_1 \cdot v_{śm}^2}{g \cdot R} \quad \text{kg.}$$

gdzie:

G_1 - ciężar niewyrównoważony, kg.
$v_{śm}$-szybkość obwodowa na końcu ramienia śmigła, m/sek.
R - promień śmigła, m.
g - przyspieszenie ziemskie.

Uwzględniając wszystkie siły i momenty, działające na wał, przeprowadzamy obliczenie wału, a mając reakcję łożysk, określamy wielkości k oraz $k \cdot v$. Obliczenia te przeprowadza się zwykłym sposobem.

Analogicznie, uwzględniając wszystkie możliwe obciążenia, przeprowadza się sprawdzające obliczenie karteru reduktora.

---oooOooo---

JEDNOCZESNE DOCIERANIE ZĘBÓW KÓŁ ZĘBATYCH
Lapping All Teeth of Gears Simultaneously
Charles O.Herb
Machinery, July 1933

Większość urządzeń do docierania kół zębatych jest oparta na zasadzie współpracy koła docieranego z docierakami, które są właściwie kołami współpracującemi z kołem docieranem ograniczoną ilością zębów

jednocześnie. Gear Processing,Inc.,Cleveland,Ohio,wypuściła maszyny pracujące na zupełnie innej zasadzie i używane w szeregu pierwszorzędnych wytwórni,jak naprzykład Packard Motor Car Comp. Docieraki, używane w tych maszynach są to koła o zazębieniu wewnętrznem,będącem wiernem odbiciem zazębienia koła docieranego. Koła te są odlewane naokoło stalowych kokil,wykonanych na wzór kół żębatych.

Koło docierane porusza się ruchem posuwistym zwrotnym wewnątrz docieraka,przyczem koła śrubowe muszą się jednocześnie okręcać naokoło swej osi. Podczas docierania koło zostaje parokrotnie wyjęte i przekręcone o pewną liczbę zębów aby w ten sposób zapewnić równomierne wykończenie zębów.

Główną zaletą tego procesu jest osiągana dzięki niemu pełna zamienność kół,pochodząca z jednakowych odstępów między zębami,które są osiągane wskutek tego,że docierak posiada kształt średni dla wszystkich kół. Oszczędza się w ten sposób czasu na selekcję. Poza korygowaniem odstępów międzyzębnych i profilów i zmniejszeniem mimośrodowości kół czynność docierania przyczynia się do nadawania zębom kształtu lekko zbieżnego w kierunku ku końcom zębów,co według rozpowszechnionego mniemania sprzyja spokojnej pracy kół.

Docierak jest to żeliwny odlew kokilowy,odlany naokoło stalowej kokili. Kokila jest nacięta na wzór koła,które ma być docierane za tym wyjątkiem,że zęby jej są nieco grubsze, przez co jest umożliwione wsunięcie koła w docierak.

Docieraki są wykonane w grubościach od 4,8 mm do 38 mm i wystarczają na dotarcie od 200 do 1000 sztuk kół,zależnie od wymiaru koła, wymaganej dokładności i innych czynników. Nie należy przykładać wielkiej wagi do otrzymania docieraka z jednakowo rozstawionemi zębami, zaletę ową zapewni bowiem 10 do 20 min. współpracy z docieranemi kołami.

Docieranie jest ostatnią czynnością przeprowadzaną na kołach, już po obróbce cieplnej. Docierak jest osadzony w stole maszyny i może być dociskany do docieranego koła zapomocą kółka ręcznego,wywołującego obrót stołu naokoło jego osi. Koło docierane jest osadzone na wrzecionie tak umocowanem,że koło samo sobie znajduje średnie położenie wewnątrz docieraka. Zależnie od tego czy dociera się koło o zębach czołowych,czy śrubowych zostaje **zastosowane** prowadzenie,na którem są nacięte rowki równoległe lub też śrubowe.

Kompozycja docierająca składa się z proszku karborundowego,rozmieszanego w oleju,nafcie lub też glicerynie i zostaje nakładana przez robotnika na górną powierzchnię koła docieranego,poczem spływa do zbiornika,umieszczonego pod spodem.

Z chwilą wsunięcia koła w docierak zęby koła nie przylegają do zębów docieraka. Po przyciśnięciu docieraka do koła wchodzi w kontakt na razie tylko część zębów. Po ukończonem docieraniu wszystkie zęby się dokładnie stykają.

Koło wykonywa w docieraku 200 powrotnych przesunięć na minutę, a maszyna jest tak ustawiona,że przy obu,najwyższem i najniższem, położeniach koła taka sama jego część znajduje się poza docierakiem. Szereg razy podczas docierania koło zostaje zupełnie wysunięte z docieraka i przekręcone dookoła osi przed powtórnem wsunięciem. W razie potrzeby maszyna może się samoczynnie zatrzymać po wykonaniu pewnej określonej ilości przesunięć.Po 50 do 150 przesunięciach stół z docierakiem zostaje przekręcony w przeciwną stronę i rozpoczyna się docieranie przeciwnych flank.

Szybkość docierania zależy od wymaganej dokładności po dotarciu i od dokładności kół dostarczanych do docierania. W pewnym wypadku docierano koła o średnicach 75 do 130 mm w ilości 20 na godzinę podczas gdy taka sama liczba wyniosła w innych zakładach 12. Dokładność wykonania zębów wyraża się 0,005 mm błędu w wykonaniu profilu i zachowaniu stałego rozstawienia.

---oooOooo---

METODY OBRABIANIA I WYTWARZANIA STOPÓW MAGNEZOWYCH
Methods of Working and Fabricating Magnesium Alloys
Machinery, July 1933
Artykuł niniejszy zawiera dane,zaczerpnięte z praktyki niemieckiej.

Stopy magnezowe mogą być odlewane w piasku i w kokili. Metoda odlewania pod ciśnieniem pozwala na otrzymanie części o grubości ścianek 0,8 mm i nadaje się również do odlewania na gotowo gwintów,wewnętrznych i zewnętrznych oraz skomplikowanych wgłębień.

Stop służący do odlewów zostaje stopiony w żelaznym tyglu.Konieczne jest usunięcie ze stopu zanieczyszczeń współdziałających w tworzeniu krzemianów,które nadają odlewom szkodliwą kruchość.W celu oczyszczenia i chronienia metalu przed utlenieniem dodaje się doń mieszaniny,składającej się z zasad oraz chlorków i fluorków wapnia i z tlenku magnezu.Dokładne zmieszanie ładunku przy temperaturze 730 a 775° prowadzi do uwolnienia ciekłej kąpieli od tlenków i innych ciał obcych,poczem metal pozostaje przykryty warstwą ochronną soli.Po ogrzaniu kąpieli do 840° następuje ochłodzenie jej do temperatury odlewania. Formowanie jest podobne do przygotowania odlewów glinowych z tą różnicą,że piasek posiada domieszkę 3 do 10 % siarki oraz 0,35 do 0,75 % kwasu bornego,można zatem używać zielonego piasku. Rdzenie mogą być również zielone przy pozostawieniu gazom możności uchodzenia.

Zależnie od składu stopu temperatura odlewania wynosi od 725 do 780°. Przedtem należy zdjąć z powierzchni warstwę ochronną.Zadanie odtleniacza podczas lania spełnia sproszkowana siarka.

Oczyszczenie i wygładzenie odlewów odbywa się tak samo,jak dla glinu. Po tych czynnościach odlewy podlegają trawieniu w kwasie azotowym lub też zostają zaopatrzone w powłokę ochronną,powstającą w wyniku działania kąpieli zawierającej kwas azotowy i dwuchromian.

Kucie i tłoczenie.

Dzięki przeróbkom tym własności magnezu ulegają poprawie. Do prasowania służą prasy hydrauliczne,przyczem stop zostaje utrzymany w temperaturze między 315 a 400°,zależnie od jego składu i mającej nastąpić przeróbki. W ten sposób mogą zostać wytłoczone pręty,rury i inne profile. Szybkości i ciśnienia są tu większe niż przy tłoczeniu części mosiężnych.Pręty są wykonywane z tolerancjami plus minus 2,5% /przynajmniej 0,25 mm/. Większą dokładność można otrzymać przez powtórne przeciągnięcie.Dla specjalnych celów istnieje możność wykonywania płaskich i okrągłych prętów z dokładnością 0,1 mm,o długości do 3mm.

Walcowanie i przeciąganie.

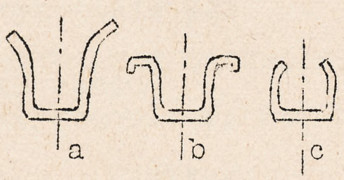
Blachy ze stopów magnezowych są walcowane w wymiarach znormali-

zowanych i grubościach od 0,3 do 1,0 mm. Tolerancja obowiązująca zależy od grubości i waha się między 0,025 i 0,2. Zmiękczanie blach utwardzonych podczas walcowania następuje przez wyżarzanie ich w przeciągu jednej godziny w piecu przy temperaturze 300° i chłodzenie w piecu lub też na powietrzu. Wykonywane średnice wewnętrzne rur wahają się od 9,5 do 87,5 mm przy grubościach ścianek 1,6 mm wzwyż. W celu zgięcia rur należy je napełnić piaskiem lub podobnym materjałem i ogrzać do 250°.

Walcowanie i przeciąganie arkuszy ze stopów magnezowych odbywa się na gorąco,najkorzystniej między 274 a 340°. Wykończanie na zimno jest możliwe jedynie dla bardzo cienkich blach. Utrzymanie podanej temperatury jest bardzo ważne i odbywa się zapomocą ogrzewania w piecach,umieszczonych blisko walcowni. Używane przytem walce,szablony i t.p. winny być podgrzane przynajmniej do 300°.Przy wykonywaniu narzędzi kształtujących należy przewidzieć zapas około 0,2 mm na rozszerzalność magnezu.

Bardziej złożone kształty powinny być przeciągane w paru stopniach. Dwa stopnie mogą być połączone w jedną całość przez ustawienie odpowiednich profili jeden za drugim. Składanie razem większej ilości profili,niż dwa, nie powinno mieć miejsca,należałoby się bowiem obawiać przerwania materjału pod wpływem ciągnienia,koniecznego dla przezwyciężenia oporów przeciągania.

Podczas przeciągania powierzchnia metalu winna być pokrywana smarem o wysokim punkcie zapłonu,naprzykład mieszaniną,składającą się z dwóch trzecich ze smaru maszynowego i w jednej trzeciej ze smaru,używanego do cylindrów maszyn parowych na parę przegrzaną.Może to być również kompozycja składająca się z równych ilości wosku pszczelnego i łoju. Szybkość przeciągania zależy od grubości materjału i waha się od 4 do 5,2 m na min. dla grubości do 2 mm i od 2,1 do 3 m/min. dla większych grubości.



Rys.1

Narzędzia i kształtownice dla przeciągania złożonych profili powinny być podgrzane przynajmniej do temperatury obrabianego metalu. Jako smar jest stosowane ciekłe,gorące masło kakaowe przy temperaturze 200°. Szybkość przeciągania takich profili powinna być niewielka.

Przy wytwarzaniu kształtowników przez walcowanie walcami profilowemi należy pracę rozłożyć na szereg etapów. Ogólnie biorąc,naprężenia,udzielające się materjałowi przy walcowaniu,są mniejsze niż przy przeciąganiu. Należy pamiętać,że użycie walców jest ograniczone do wypadku profilów całkowicie otwartych / rys.1, a i b/ podczas gdy profile częściowo otwarte /rys.1 c/ mogą być wykonane jedynie przy pomocy przeciągania. W tych wypadkach można rozpocząć kształtowanie zapomocą walcowania,kończąc na przeciąganiu.

Wszelkie przeróbki na gorąco,jak tłoczenie,przebijanie krawędziowanie mogą być dokonywane z łatwością pod warunkiem dostatecznego podgrzewania narzędzi podczas ich używania. Jeśli jakaś część jest wytwarzana w niewielkiej ilości,a ogrzewanie narzędzia jest połączone z trudnościami,wówczas wystarczy podgrzewanie przerabianych arkuszów i zamocowanie ich między blokami drewnianemi aby zapobiec uchodzeniu ciepła.

<u>Spawanie stopów magnezowych.</u>

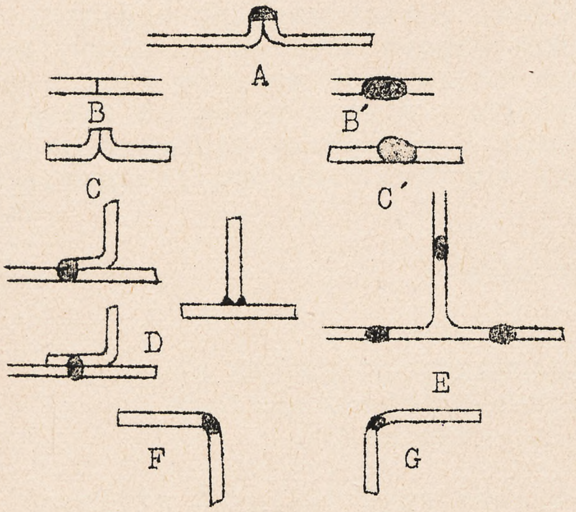
Spawanie tych stopów zapomocą płomienia tlenowo acetylenowego nie-

przedstawia trudności przy zastosowaniu specjalnej pasty,usuwanej po ukończonem spawaniu. Dla uchronienia szwów przed zanieczyszczeniem resztkami pasty należy spawać tylko na styk.

Rys.2 pokazuje przykłady spawania wzięte z praktyki.Części spawane muszą być zagięte w miejscu spawania. Arkusze o grubości mniejszej niż 1,0 powinny być zagięte przy końcach i połączone w ten sposób,aby szew miał wygląd spawania stykowego. Spawanie krawędzi niezagiętych jest również możliwe pod warunkiem,aby metal miał możność płynięcia ku wnętrzu szwu i usuwał stamtąd pastę.

Powierzchnie,mające podlegać spawaniu powinny być przedtem oczyszczone zapomocą skrobaków,pilników lub szczotek drucianych,następnie zaś starannie złożone z sobą,tak aby uniknąć szkodliwych naprężeń. Metal jest dodawany podczas spawania w postaci pasków o składzie metalu spawanego,winien on być pozbawiony zanieczyszczeń.

Po przygotowaniu części i metalu dodatkowego jedne i drugie winno być pokryte pastą.Celem ułatwienia spawania-blachy winny być naprzód szczepione z sobą. Końcówka palnika posiada średnicę 0,5 do 1,0 mm, zaś stosunek tlenu do acetylenu powinien wynosić 2,2 do 3,6. Płomień musi być skierowany płasko, ustawiony prostopadle bowiem wypaliłby otwory w blachach. Zakończenie płomienia winno wyprzedzać szew. Po sczepieniu wzdłuż szwu robota musi zostać naprostowana zapomocą młotka drewnianego,większe odkształcenia zaś zostają usunięte na gorąco.



A,D -wykonanie złe
B,B′, C,C′ -wykonanie dobre,przed i po spawaniu
E,F,G-wykonanie dobre

Rys.2.

Po wykonaniu spawania należy usunąć skrzywienia przez młotkowanie,najkorzystniej na gorąco /200 do 315°/.Pasta zostaje usunięta przez zmycie wodą i,w razie potrzeby,skrobanie. Do ostatecznego osuszenia metalu powinna być użyta w miarę możności para.Części spawane i oczyszczone są trawione w kąpieli chromowej.

Przy spawaniu części złożonych,posiadających szereg szwów,wykonywanych kolejno,każdy szew powinien być oddzielnie oczyszczony i trawiony w kąpieli,zawierającej 10 - 15 % kwasu azotowego. Nie należy przystępować do wykonywania szwów przed osuszeniem poprzedniego.Kąpiele trawiące,zawierające dwuchromian potasu,nie nadają się do użytku,pokrywałyby bowiem metal warstwą,którą by należało każdorazowo usuwać przed przystąpieniem do spawania następnego szwu. Wstępne trawienie w kwasie azotowym ułatwia wykrywanie błędów w spawaniu.Trawienie w roztworze chromowym następuje dopiero po wykonaniu ostatniego szwu. Przy suszeniu należy zwrócić uwagę przedewszystkiem na wnętrze części,ogrzewając ją do chwili usunięcia resztek wilgoci.

Wytrzymałość szwów spawanych.

Wytrzymałość i wydłużenie szwów są w przybliżeniu równe tym samym danym dla metalu podstawowego. Wytrzymałość daje się poprawić kuciem przy temperaturze około 300°. Szwy mogą być zginane na równi z

pozostałym metalem przy tej temperaturze. Szwy wykonane na blachach o grubościach 1,0 i wyżej mogą być wygładzane piłowaniem lub skrobaniem.

Przed połączeniem ze sobą części o różnych wymiarach, część większa powinna być podgrzana dla zapewnienia równego rozdziału ciepła między obiema. Zbiorniki spawane winny być od zewnątrz chronione specjalnym lakierem, od wewnątrz zaś-czyszczone w pewnych odstępach czasu zapomocą benzyny i smaru maszynowego.

Elektryczne spawanie punktowe jest dopuszczalne wszędzie tam, gdzie występują połączenia mało obciążone. Dotychczas nie znaleziono sposobu na lutowanie stopów magnezowych. Połączenia nitowe mogą być stosowane pod warunkiem, że zastosowane nity będą wykonane z odpowiedniego materjału. Skład jego nie jest znany, istnieją tylko przypuszczenia, że jest to stop glinowy zawierający około 5 % magnezu. Nity miedziane i żelazne nie powinny być stosowane do tego celu.

Istnieje znaczna liczba lakierów i emalji służących do wytwarzania na powierzchni tych stopów powłok ochronnych o różnych kolorach. Możliwe jest pozatem powlekanie warstwami, odpornemi na korozję, przenikającemi do porów metalu i łączącemi się z nim. Metoda ta jest oparta na zasadzie wytwarzania sztucznej warstwy tlenku zapomocą trawienia, mogącej posiadać dowolny kolor oprócz białego oraz przyjąć połysk.

---oooOooo---

NOWA METODA USZCZELNIANIA POROWATYCH ODLEWÓW
A Sealing Solution for Porous Castings
Machinery, July 1933

Bakelite Corp.247 Park Ave., New York City, wprowadziła nową metodę uszczelniania odlewów, które dawniej musiały być brakowane. Może ona być stosowana do odlewów glinowych, bronzowych, mosiężnych i nadaje się zarówno do odlewów piaskowych jak i kokilowych. Substancją uszczelniającą jest tu kompozycja bakelitowa, uodporniająca odlewy podlegające najostrzejszym próbom. Metoda ta nie nadaje się do poprawiania sztuk zawierających dziury lub inne zdecydowane wady, spełnia natomiast swoje zadanie w stosunku do odlewów porowatych i przesączających.

Po usunięciu z odlewu zanieczyszczeń i resztek tłuszczu i zamknięciu wszystkich otworów, wnętrze odlewu zostaje zapełnione kompozycją, która zostaje wtłoczona w pory odlewu pod ciśnieniem powietrza, wynoszącem około 18 kg/cm^2. Po dwu do pięciu minut kompozycja zaczyna się przedostawać nazewnątrz przez miejsca nieszczelne i wówczas należy ją odprowadzić z wnętrza odlewu po odłączeniu ciśnienia powietrza. Okres pozostawienia kompozycji wewnątrz odlewu powinien wynosić maximum pół godziny. Następną czynnością jest umieszczenie odlewu w piecu i wypiekanie go tam w przeciągu jednej do dwuch godzin przy temperaturze 135 do 150°. Dokładny czas i temperatura zależą od ciężaru odlewu i od typu pieca.

---oooOooo---

SPOSÓB JEDNOCZESNEGO WYKONYWANIA WIELU SZWÓW SPAWANYCH METODĄ WODOROWO-ELEKTRYCZNĄ

Assembly involving many welds now produced in single operation by Hydrogen-Electric welding process

T.M. Rude.

Journal of the American Welding Society April 1933.

Wodorowo-elektryczne spawanie miedzią jest to nowa metoda automatycznego ciągłego spawania,które odbywa się bez udziału płomienia i bez widocznego zastosowania metalu dodatkowego /niewidoczny szew/. Proces ten jest nowością w przemyśle,choć jest już stosowany od pewnego czasu w kilku największych fabrykach maszyn w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

Ostatnio instalacja olbrzymiego "Zeppelina" - pieca do spawania elektryczno-wodorowego w fabryce"the Bundy Tubing Company" w Detroit obudziła żywe zainteresowanie tym procesem. Instalacja ta jest bardzo kosztowna,więc mogą sobie na nią pozwolić tylko wielkie fabryki. Mniejsze zakłady przemysłowe będą musiały,wobec zbyt dużych inwestycyj,zrezygnować z własnych urządzeń tego typu i korzystać z instalacyj wielkich fabryk.

Wodorowo-elektryczne spawanie nieda się porównać ze spawaniem palnikiem ani też łukiem elektrycznym jest to zupełnie nowa metoda, która daje połączenie o nowych i odrębnych właściwościach.Zastosowanie jej jest praktycznie nieograniczone,ponieważ może być stosowana do łączenia dowolnych pod względem kształtu i wymiaru części wykonanych ze stali. Części które mają być spawane są dopasowane na styk, wpasowane względnie - zczepione /poheftowane/. Do połączenia użyta jest miedź w formie drutu względnie pasty. Następnie części łączone załadowuje się do wózka,który automatycznie zostaje wprowadzony do pieca w strefę redukującą-wodorową. Wodór całkowicie redukuje wszelkie tlenki,na pow erzchni części łączonych i powoduje powstanie spoiny chemicznie czystej.

Temperatura części spawanych stopniowo jest podnoszcna do 1150°C /2100°F/. W tej temperaturze następuje pewnego rodzaju filjacja - przenikanie stopionej miedzi wgłąb szwu. Większość czytelników prawdopodobnie przypuszcza,że części łączone zostały poprostu zlutowane miedzią. Jednak tak właśnie nie jest. W rzeczywistości żelazo i miedź tworzą stop. Część miedzi wchodzi w roztwór stały z żelazem,część zaś żelaza rozpuszczona jest przez miedź,dając stop miedzi z żelazem / około 97 % Fe i 3%Cu./. W normalnych warunkach wolna miedź we szwie nie pozostaje.

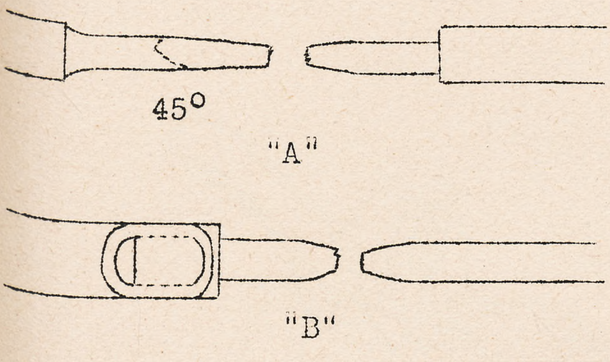
Ponieważ proces ten odbywa się bez normalnego,zewnętrznego zastosowania metalu dodatkowego,wykonana spoina jest trudno dostrzegalna i powstaje pytanie: " jaka jest wytrzymałość takiego połączenia ? " Okazuje się,że wytrzymałość ta jest większa,niż wytrzymałość części łączonych. Zostało to stwierdzone przez liczne próby na ściskanie,rozrywanie i ścinanie. Tak naprzykład zbiornik stalowy powstały z połączenia kilku rur,posiadający dwa płaskie,wytłaczane dna i nagwintowane gniazda przyłączników uległ rozerwaniu pod ciśnieniem hydraulicznem 486 kg /2200 lb./. Nie zaobserwowano jednak żadnych pęknięć szwów spawanych.

Średnica w mm	Granica Plastyczności		Naprężenie rozrywające	
	Obciążenie w kg	Naprężenie kg/mm²	Obciążenie w kg.	Naprężenie kg/mm²
	probierka "A"-spaw. pod kątem 45°			
12,82	3840	29,8	5640	43,75
12,82	3735	29,0	5800	45,00
12,82	3920	30,4	5750	44,65

Średnica w mm.	Granica Plastyczności Obciążenie w kg.	Naprężęnie kg/mm^2	Naprężenie rozrywające Obciążenie w kg.	Naprężenie kg/mm^2
	probierka "B" - szew cylindryczny.			
12,82	3795	29,45	6025	46,95
12,82	3850	29,90	6025	46,95
12,82	3830	29,70	6040	47,30

W tablicy podane są wyniki prób na rozerwanie probierek A i B. Średnica probierki wynosiła 12,82 mm /0,505 "/.Probierka A była spawana pod kątem 45°,zaś B - na powierzchni walcowej /linje kreskowane/. Rozerwanie nigdy nie następowało na spoinie.

Po wykonaniu spoin,części łączone są doprowadzane stopniowo do temperatury otoczenia w atmosferze redukującej i wychodzą z pieca zupełnie czyste,wolne od zendry i tlenków. Stanowi to specjalną zaletę jeśli chodzi o przedmioty zamknięte,jak zbiorniki,grzejniki i t.p.,które trudno jest oczyścić po spawaniu.



Rys.1.

Co się właściwie dzieje z metalem podczas spawania w temp. 1150°C /2100°F/?Oczywiście następuje wyżarzenie,które jest bardzo pożądane w wypadku naprężeń wewnętrznych spowodowanych poprzednią obróbką mech. Punkt topliwości połączenia jest zbliżony do punktu topliwości stali i części łączone, mogą przejść przez piec nawet poraz drugi bez naruszenia spoiny.

Przemysłowcy powinni zwrócić uwagę na jedną bardzo ważną okoliczność ; mianowicie na fakt,że wodorowo-elektryczne spawanie jest metodą przemysłową,metodą masowej produkcji! W piecu spawać można jednocześnie tysiące przedmiotów,z których każdy może posiadać dziesiątki szwów. Przy normalnym ruchu piec ładuje się co każde 4 minuty i może pracować bez przerwy całą dobę. Jak z tego widać metoda jest przemysłowa i niewątpliwie zajmie miejsce obok innych metod masowej produkcji.

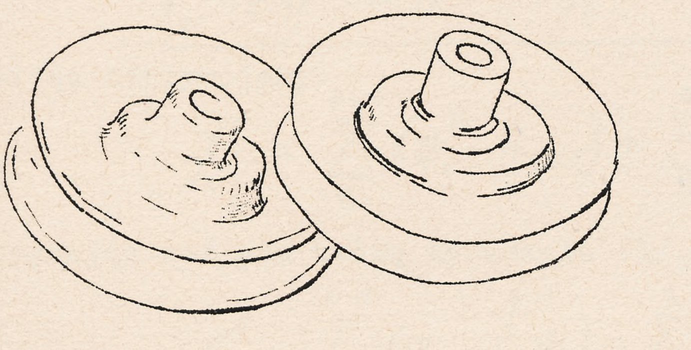
Jedną z najważnieszych zalet wodorowo-elektrycznego spawania jest ekonomja. Wynika ona nie tylko z automatyzacji i ciągłości pracy,ale również z oszczędnego użycia materjału dodatkowego i skrócenia czasu spawania. Dzięki małym zmianom przy projektowaniu można dostosować dane przedmioty do metody wodorowo-elektrycznej. Otrzymamy dzięki temu nie tylko lepszy wygląd,czyste,zdrowe połączenie oraz mniejszą wagę i większą wytrzymałość ale również i niższą cenę.

Na rys.2 podany jest typowy przykład jak zapomocą małej zmiany przy projektowaniu można ulepszyć wyrób i obniżyć koszt. Z lewej strony pokazane jest kółko linowe obrobione,wykonane z dosyć zawiłego odlewu z dużym nakładem materjału i pracy. Z prawej strony mamy to samo kółko dostosowane do spawania wodorowo-elektrycznego. Składa się ono z dwu tłoczonych stalowych połówek z obrobioną piastą.

Połączenie wodorowo-elektryczne jest nietylko tańsze ale lżejsze i wytrzymalsze.

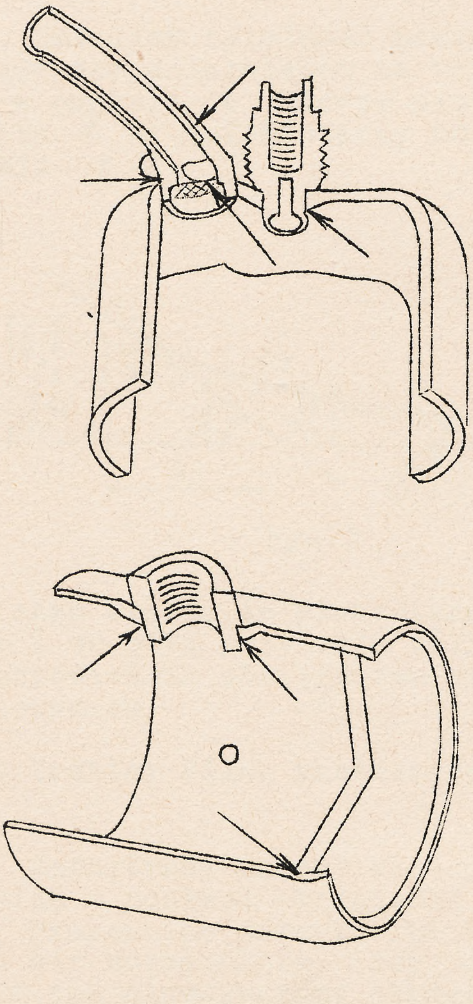
W wypadku zbiorników /rys.3/,początkowo w pustym odlewie wiercono otwór i gwintowano go. Powodowało to kłopotliwe i niepewne oczyszczanie. Zbiornik spawany wykonany jest z rur i ma wytłaczane dna. Połączenia wszystkich części /również i nagwintowanego gniazda przyłącznika/ są wykonane jednocześnie przy przejściu przez piec. Z pieca wychodzi zbiornik zupełnie czysty wewnątrz i z zewnątrz i cena jego jest znacznie niższa.

Małe wały korbowe i krzywkowe sprężynowe hamulce,lewary i t.d. mogą być wykonane z mało kosztownych blach,prętów i t.d. zamiast kosztownych obrobionych części. Nawet najbardziej zawiłego kształtu połączenia mogą być otrzymane przy pomocy tej metody,byle tylko części były dobrze dopasowane, a miedź może być użyta w różnych formach i zastosowana bezpośrednio na połączeniach względnie w ich pobliżu.



Rys.2.

---oooOooo---



Rys.3.

OBLICZANIE KOMORY PŁATOWEJ NA SKRĘCANIE Z UWZGLEDNIENIEM PRACY ROZPÓREK ORAZ ŚCIEGIEN.

Razczot korobki kryła na kruczenje s uczotom raboty razporok i razczałok.
inż.mech.J.H.Tuch
Tiechnika Wozdusznogo Fłota, Nr.4, 1933.

1. Oznaczmy przez AB /rys.1/- oś belki przed obciążeniem, oraz przez A´B - po obciążeniu; wtedy sumaryczne ugięcie punktu i osi belki względem pierwotnej osi AB,wyrazi się przez ugięcie punktu i - 1 w sposób następujący:

$$f_i^c = f_{i-1}^c + \psi_{i-1}^c \; a_i + f_i \, ,$$

gdzie

$$\psi_i^c = \sum_{2}^{i} \psi_i \qquad /1/$$

jest to sumaryczny kąt obrotu przekroju i belki względem osi AB.

f_i i ψ_i -odpowiednio ugięcie punktu i belki względem stycznej do osi belki w punkcie i -1 oraz obrót przekroju i względem i -1. Nazwiemy je elementarnemi odkształceniami w odróżnieniu od sumarycznych odkształceń względem osi AB.

Wyraźmy f_i^c przez odkształcenia elementarne:

$$f_i^c = f_{i-1}^c + \psi_{i-1}^c \cdot a_i + f_i$$
$$f_{i-1}^c = f_{i-2}^c + \psi_{i-2}^c \cdot a_{i-1} + f_{i-1}$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$f_3^c = f_2^c + \psi_2^c a_3 + f_3$$
$$f_2^c = 0 + 0 + f_2$$

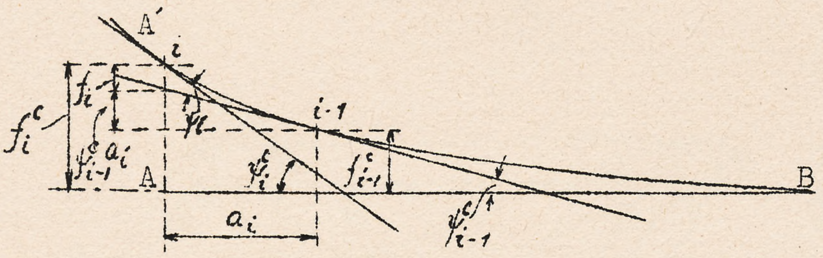
dodając otrzymujemy:

$$f_i^c = \sum_2^{i-1} (\psi_i^c \cdot a_{i+1}) + \sum_2^i f_i \,,$$

przyjmując zaś pod uwagę wyrażenie /1/,otrzymamy:

$$f_i^c = \sum_2^{i-1} \left(a_{i+1} \sum_2^i \psi_i\right) + \sum_2^i f_i \qquad /2/$$

2. Ustalimy zależność pomiędzy elementarnemi odkształceniami, a obciążeniem działającem na belkę. Według określenia elementarne ugięcie w punkcie i bierze się odnośnie do stycznej do osi belki w punkcie i -1 ; elementarny obrót przekroju w punkcie i -względem przekroju i -1.



Rys.1

Jeżeli przekrój i -1 obciążonej belki zamocować i odciążyć ją po lewej stronie od tego przekroju,to oś belki z lewej strony od przekroju i -1 będzie styczną w punkcie i -1 do zgiętej osi belki z prawa od przekroju i -1 ; stąd wynika,że elementarne ugięcie i obrót przekroju jest ugięciem i obrotem przekroju belki,zamocowanej jednym końcem i obciążonej odpowiednim obciążeniem względem osi belki przed obciążeniem i zamocowaniem.

3. Zrobimy kilka zastrzeżeń odnośnie do konstrukcji komory płatowej.

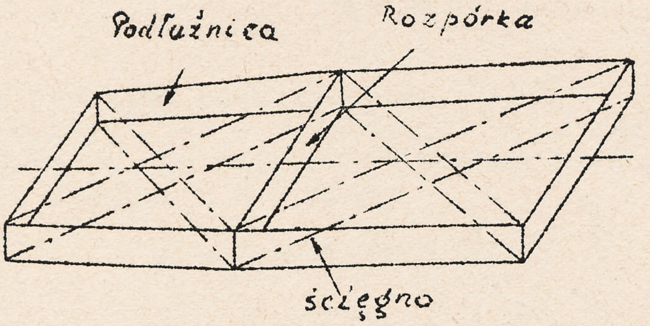
1/ Zewnętrzny moment skręcający przenosi się przez żeberka na podłużnicę w postaci obciążenia rozłożonego według pewnego prawa.

2/ Wzmocnione żeberka lub rozpórki w przenoszeniu momentu zewnętrznego nie uczestniczą. Przyjmiemy,iż są one absolutnie sztywne na zginanie zaś niesztywne na skręcanie,odnośnie do sił i momentów działających na nie ; rozpórki zdolne są przenosić na podłużnice momenty /pary sił/leżące w ich płaszczyźnie i skręcające podłużnicę oraz siły /reakcje rozpórki/.

3/ Ścięgna leżą w dwóch płaszczyznach, powyżej i poniżej płaszczyzny przechodzącej przez oś podłużnic /patrz rys.2/ ;

4/ Celem uproszczenia rachunku,przyjmujemy,z dostateczną dla

praktyki dokładnością, że każdy odcinek komory płatowej pomiędzy dwoma sąsiedniemi rozpórkami jest prostokątnym prostopadłościanem o wysokości - średniej arytmetycznej wysokości podłużnic na końcach odcinka, długości - odległości między rozpórkami, szerokości - średniej arytmetycznej długości rozpórek danego odcinka, sztywności podłużnic - średniej arytmetycznej ze sztywności przedniej i tylnej podłużnicy /dla różnych odcinków - różne wielkości/, i, wreszcie, przyjmiemy prostolinjowe prawo rozkładu obciążenia wzdłuż odcinka podłużnicy / q = const./. Rys.3 ilustruje powyższe założenie.



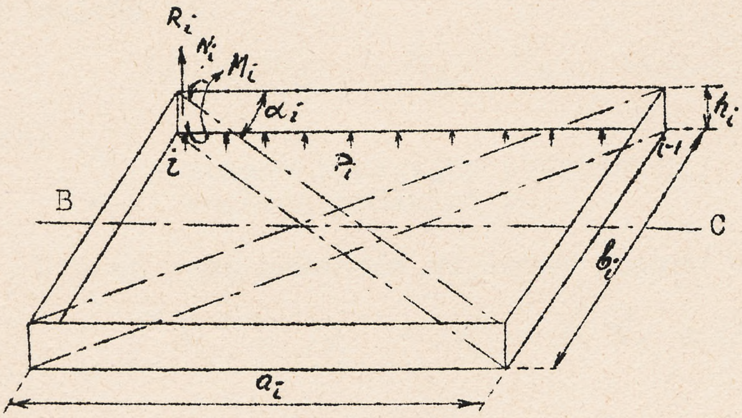
Rys.2

4. Jeżeli oznaczymy przez φ_i^c kąt obrotu rozpórki i względem pewnej przyjętej osi, wtedy φ_i^c wyrazi się przez elementarne obroty rozpórek /obrót rozpórki i względem i -1/ w sposób następujący:

$$\varphi_i^c = \sum_2^i \varphi_i$$

Przyjmiemy następujący obraz odkształceń /rys.4/. W tym wypadku φ_i może być wyrażony przez dwa pozostałe czynniki deformacji w sposób następujący:

$$\varphi_i = \frac{2(f_i^c - f_{i-1}^c)}{b_i}$$



Rys.3

gdzie b_i -długość rozpórki ;

lub przyjmując pod uwagę wyrażenie /2/, otrzymamy:

$$\varphi_i = \frac{2\left[a_i \sum_2^{i-1} \psi_i + f_i\right]}{b_i}, \quad /3/$$

5. Znajdźmy wydłużenie ścięgna / i -1/-i. Jeżeli przyjmiemy za płaszczyzny współrzędne - płaszczyznę symetrji i płaszczyznę i -tej rozpórki, to otrzymamy na wydłużenie $\lambda_{(i-1)-i}$ następujące wyrażenie:

$$\lambda_{(i-1)-i} = \sqrt{\left[\left(\frac{b_i}{2} - \varphi_{i-1}^c \cdot \frac{h_i}{2}\right) + \left(\frac{b_i}{2} + \varphi_i^c \cdot \frac{h_i}{2}\right)\right]^2 + \left[\left(a_i + \psi_{i-1}^c \cdot \frac{h_i}{2}\right) + \left(\psi_i^c \cdot \frac{h_i}{2}\right)\right]^2 + \left[\left(-\frac{h_i}{2} - f_{i-1}^c\right) + \left(\frac{h_i}{2} - f_i^c\right)\right]^2} - L_i,$$

gdzie : pod pierwiastkiem w okrągłych nawiasach są spółrzędne końców ścięgna / i -1/- i po odkształceniu,

a_i - długość dźwigara pomiędzy dwoma sąsiedniemi rozpórkami,

h_i - wysokość dźwigara,
L_i - długość cięgna,

Uprościwszy wyrażenie podpierwiastkowe i wyciągając pierwiastek, pomijając przytem małemi wyższych rzędów, otrzymamy:

$$\lambda_{(i-1)-i} = \frac{a_i}{L_i} \cdot \frac{h_i}{2} (\psi_i^c + \psi_{i-1}^c) + \frac{b_i}{L_i} \cdot \frac{h_i}{2} \cdot \varphi_i \qquad /4/$$

6. Wyrazimy odkształcenia: f_i, ψ_i, φ_i , oraz $\lambda_{(i-1)-i}$ przez momenty: M_i - zginający, N_i - skręcający, R_i - siłę tnącą w przekroju i za rozpórką z prawej strony oraz Q_i - siłę w cięgnie i. Zgodnie z § 2 mamy:

$$\left.\begin{array}{ll} 1. & f_i = f_i^o + A_i M_i + B_i R_i \\ 2. & \psi_i = \psi_i^o + C_i M_i + D_i R_i \\ 3. & \varphi_i = \dfrac{N_i a_i}{G_i} \\ 4. & \lambda_{(i-1)-i} = \dfrac{Q_i L_i}{E F_i}, \end{array}\right\} \qquad /5/$$

gdzie: f_i^o, ψ_i^o - odpowiednio ugięcie i obrót przekroju i od obciążenia, rozłożonego na odcinku $(i-1) - i$;
A_i i C_i - ugięcie i obrót przekroju i od momentu jednostkowego w przekroju i ;
B_i i D_i - to samo, lecz dla jednostkowej siły ścinającej ;
G_i - sztywność podłużnicy na skręcanie ;
F_i - powierzchnia przekroju cięgna.

7. Spełniwszy warunek ciągłości geometrycznej, rozpatrzymy warunek równowagi i -tej rozpórki /patrz rys.5/. Z powodu symetrji, przyjmujemy że:

$$N_{i_1} = N'_{i_1}, \quad R_{i_1} = R'_{i_1}, \quad \text{oraz} \quad Q_i = Q'_i,$$

gdzie:
N_{i_1} - moment reakcyjny podłużnicy,
R_{i_1} - reakcja podłużnicy.

Biorąc sumę momentów względem punktu 0, otrzymamy /rys.5/:

$$\sum M_o = N_{i_1} + N'_{i_1} - b_i R_{i_1} = 0$$

lub

$$N_{i_1} = \frac{b_i}{2} \cdot R_{i_1} \qquad /6/$$

8. Przepisując wyrażenie /3/, /5/ i /6/ i przyjmując pod uwagę wyrażenie /4/, otrzymamy dla określenia sześciu niewiadomych f_i, ψ_i, φ_i, N_{i_1}, R_{i_1} oraz Q_i - następujących sześć równań:

$$\begin{array}{ll} 1. & f_i = f_i^o + A_i M_i + B_i R_i \\ 2. & \psi_i = \psi_i^o + C_i M_i + D_i R_i \\ 3. & \varphi_i = \dfrac{N_i a_i}{G_i} \end{array}$$

$$4. \quad \varphi_i = \frac{2(a_i \sum_{2}^{i-1} \psi_i + f_i)}{b_i}$$

$$5. \quad N_i = \frac{b_i}{2} R_{i_1}$$

$$6. \quad \frac{a_i}{L_i} \cdot \frac{h_i}{2} \left[\psi_i + 2 \sum_{2}^{i-1} \psi_i \right] + \frac{b_i}{L_i} \cdot \frac{h_i}{2} \cdot \varphi_i = \frac{Q_i L_i}{E F_i} \qquad /7/$$

W wypadku n rozpórek ilość równań będzie $6n$,a więc,pożądanem jest wyrugowanie kilku niewiadomych z ogólnego wyrażenia układu równań /7/,np. f_i, ψ_i, φ_i, N_i ; W tym celu przyjmiemy:

$$N_i = \sum_{i}^{n} N_{i_1} - \sum_{i}^{n} \frac{Q_i h_i \sin\alpha_i}{2} + \sum_{i+1}^{n} \frac{Q_i h_i \sin\alpha_i}{2},$$

a biorąc pod uwagę równanie 5 układu równań /7/,otrzymamy:

$$N_i = \sum_{i}^{n} \frac{b_i}{2} R_{i_1} - \frac{Q_i h_i \sin\alpha_i}{2} \qquad /8/$$

Przeprowadziwszy powyższe rugowanie oraz przyjmując pod uwagę wyrażenie /8/,i upraszczając w miarę możności wynik,otrzymamy 2 następujące równania:

$$\left.\begin{aligned} & f_i^{o} + A_i M_i + B_i R_i + a_i \left[\sum_{2}^{i-1} (\psi_i^{o} + C_i M_i + D_i R_i) \right] = \\ & = \frac{a_i b_i}{2 G_i} \left[\sum_{i}^{n} R_i \cdot \frac{b_i}{2} - \frac{Q_i h_i \sin\alpha_i}{2} \right] \\ & f_i^{o} - \frac{a_i}{2} \psi_i^{o} + \left[B_i - \frac{D_i}{2} \cdot a_i \right] R_i - \frac{a_i b_i}{G_i} \left[\sum_{i}^{n} \frac{b_i}{2} R_i - \right. \\ & \left. - \frac{Q_i h_i \sin\alpha_i}{2} \right] + \frac{Q_i L_i^2}{h_i E F_i} = 0 \end{aligned}\right\} \qquad /9/$$

9. Określimy symbole M_i i R_i. Zgodnie ze schematem obciążenia podłużnicy,mamy:

$$M_i = M_{i+1} + R_{i+1} a_{i+1} + \frac{P_{i+1} a_{i+1}}{2} - \frac{Q_i h_i \cos\alpha_i}{2} - \frac{Q_{i+1} h_{i+1} \cos\alpha_{i+1}}{2}$$

$$M_{i+1} = M_{i+2} + R_{i+2} a_{i+2} + \frac{P_{i+2} a_{i+2}}{2} - \frac{Q_{i+1} h_{i+1} \cos\alpha_{i+1}}{2} - \frac{Q_{i+2} h_{i+2} \cos\alpha_{i+2}}{2}$$

\+ . . . .

. . . .

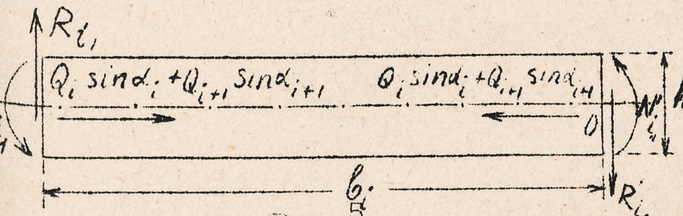
$$M_{n-1} = M_n + R_n \cdot a_n + \frac{P_n \cdot a_n}{2} - \frac{Q_{n-1} h_{n-1} \cos\alpha_{n-1}}{2} - \frac{Q_n h_n \cos\alpha_n}{2}$$

$$M_n = 0 + 0 + \frac{P_{n+1} a_{n+1}}{2} - \frac{Q_n h_n \cos\alpha_n}{2} - 0$$

$$M_i = \sum_{i+1}^{n} a_i R_i + \sum_{i+1}^{n+1} \frac{P_i a_i}{2} - \sum_{i}^{n} Q_i h_i \cos\alpha_i + \frac{Q_i h_i \cos\alpha_i}{2}; \qquad /10/$$

$$R_i = \sum_{i+1}^{n+1} P_i - \sum_{i}^{n} R_{i_1} \qquad /11/$$

Podstawiwszy wyrażenie/10/, /11/ do układu równań /9/,otrzymamy dla każdej rozpórki 2 równania w funkcji R_{i_1} i Q_i.



Rys.5

Nie przytaczając samego wyprowadzenia wskażemy tylko,że jeżeli napisać pierwsze równanie układu /9/ dla i -tej oraz dla i -1 rozpórki następnie odjąć od pierwszego wyrażenia drugie,poczem podstawić wartości występujących wielkości A_i, B_i, C_i, D_i, f_i°, ψ_i° ,wziętych z Hütte, oraz przyjmując:

$$G_i = \beta_i E J_i$$

gdzie:

J_i - moment bezwładności podłużnicy, i wreszcie, grupując spółczynniki przy jednakowych R_{i_1} i Q_i ,to otrzymamy ostatecznie dwa równania dla k -tej rozpórki:

$$1.\quad \frac{\dfrac{b_{k-1}^2}{2\beta_{k-1}J_{k-1}} - \dfrac{a_{k-1}^2}{3J_{k-1}}}{\dfrac{a_k}{J_k}+\dfrac{a_{k-1}}{J_{k-1}}}\cdot R_{(k-1)_1} +$$

$$+\sum_{k}^{n}\left[\frac{\dfrac{a_k^2}{J_k}-\dfrac{a_{k-1}^2}{J_{k-1}}}{3\left(\dfrac{a_k}{J_k}+\dfrac{a_{k-1}}{J_{k-1}}\right)} - \frac{\dfrac{b_k}{\beta_k J_k}-\dfrac{b_{k-1}}{\beta_{k-1}J_{k-1}}}{\dfrac{a_k}{J_k}+\dfrac{a_{k-1}}{J_{k-1}}}\cdot\frac{b_i}{2} - \sum_{k}^{i} a_i\right] R_{i_1} -$$

$$-\frac{\left(\dfrac{a_{k-1}}{J_{k-1}}\cos\alpha_{k-1} + \dfrac{b_{k-1}}{\beta_{k-1}J_{k-1}}\sin\alpha_{k-1}\right)\dfrac{h_{k-1}}{2}}{\dfrac{a_k}{J_k}+\dfrac{a_{k-1}}{J_{k-1}}}\cdot Q_{k-1} +$$

$$+\sum_{k}^{n}\left[\frac{\left(\dfrac{a_k}{J_k}\cos\alpha_k + \dfrac{b_k}{\beta_k J_k}\sin\alpha_k\right)\dfrac{h_k}{2}}{\dfrac{a_k}{J_k}+\dfrac{a_{k-1}}{J_{k-1}}} - h_i\cos\alpha_i\right] Q_i +$$

$$+\sum_{k}^{n} a_i \sum_{i+1}^{n+1} P_i + \sum_{k}^{n+1}\frac{P_i\, a_i}{2} - \frac{\dfrac{a_k^2}{J_k}-\dfrac{a_{k-1}^2}{J_{k-1}}}{3\left(\dfrac{a_k}{J_k}+\dfrac{a_{k-1}}{J_{k-1}}\right)}\sum_{k+1}^{n+1} P_i - \qquad /12/$$

$$-\frac{\dfrac{a_k^2}{2J_k}-\dfrac{a_{k-1}^2}{3J_{k-1}}}{\dfrac{a_k}{J_k}+\dfrac{a_{k-1}}{J_{k-1}}}\cdot P_k+\frac{\dfrac{a_k^2P_k}{J_k}+\dfrac{a_{k-1}^2P_{k-1}}{3J_{k-1}}}{4\left(\dfrac{a_k}{J_k}+\dfrac{a_{k-1}}{J_{k-1}}\right)}=0 \qquad /12/$$

2. $$-\sum_k^n\left[1+\frac{\dfrac{b_k}{\beta_k J_k}}{\dfrac{a_k^2}{6J_k}}\cdot b_i\right]R_{i_1}+\frac{\dfrac{b_k h_k\sin\alpha_k}{\beta_k J_k}+\dfrac{2L_k^2}{h_kF_ka_k}}{\dfrac{a_k^2}{6J_k}}\cdot Q_k+\sum_{k+1}^{n+1}P_i+\frac{P_k}{2}=0$$

Wprowadzając oznaczenia można napisać układ /12/ w skróconej postaci następująco:

1. $$A_{k-1}R_{k-1}+\sum_k^n B_iR_{i_1}-C_{k-1}Q_{k-1}+\sum_k^n D_iQ_i+E_k=0$$

2. $$-\sum_k^n F_iR_{i_1}+G_kQ_k+H_k=0 \qquad /13/$$

/ Nie należy plątać tych oznaczeń z poprzedniemi/.

Znaczenie spółczynników można otrzymać przez porównanie z układem /12 /. Obliczenie można przeprowadzić w następującym porządku:

1/ Wypełniamy podaną tablicę ;
2/ Piszemy równanie /13/ dla każdej rozpórki w ogólnej rozwiniętej postaci /dla każdego n / ;
3/ Układamy równania posługując się tablicą ;
4/ i, wreszcie, rozwiązujemy układ.

Przy rozwiązaniu układu należy mieć na uwadze, że z danego układu $2n$ równań można wydzielić 3 równania, a z nich wyrugować dwie niewiadome, które są tylko w tych dwuch równaniach. Do pozostałego układu / n - 2/ równań, możemy zastosować to samo prawidło, i t.d. aż do określenia wszystkich niewiadomych. W ten sposób ułatwiamy rozwiązanie układu.

Zadanie kończy się na znalezieniu niewiadomych R_{i_1}, oraz Q_i, ponieważ dalszym ciągiem jest obliczenie podłużnicy.

Tablica dla obliczenia spółczynników przy niewiadomych R_{i_1} i Q_i na następnej stronie.

---oooOooo---

Tablica dla obliczania spółcz. przy niewiadomych R_i i Q_i

Nr rozpórki i	2	3	4	…	m-1	m	m+1
H_i						0	
G_i							0
F_i							0
E_i							0
D_i							0
C_i	0					0	0
B_i							0
A_i	0					0	0
* $\frac{2}{a_i \cdot R_i}\left[\sum_{1}^{i} + \sum_{i+1}^{n+1} P_i \cdot a_i \sum_{n}^{i}\right]$							
* $\sum_{i+1}^{n+1} P_i$	0						
$\frac{2 L_i^2}{a_i h_i F_i}$							0
$\frac{b_i}{\beta_i J_i} \sin\alpha_i$							0
$\frac{a_i}{J_i} \cos\alpha_i$							0
$\frac{b_i^2}{\beta_i J_i}$							0
$\frac{b_i}{\beta_i J_i}$							0
$\frac{a_i^2}{J_i}$							0
$\frac{a_i}{J_i}$							0
β_i							0
J_i							0
L_i							0
F_i							0
$\cos\alpha_i$							0
$\sin\alpha_i$							0
h_i							0
b_i							0
a_i							0

*Wartości te możemy otrzymać z wykresu sił tnących i z wykr.moment. /gnących/ w podłużnicy.

WZROKOWA OCENA DOBROCI POŁĄCZEŃ SPAWANYCH,WYKONANYCH ŁUKIEM ELEKTRYCZNYM.
Visual inspection of metal arc welds.
Frank B.Walker
Journal of the American Welding Society
April 1933 r.

W artykule tym rozpatrzone są cechy charakterystyczne spawania łukowego,znajomość, których pozwala na łatwe odróżnienie dobrych połączeń,od połączeń wykonanych wadliwie. Trzy ważne czynniki wpływają na wygląd zewnętrzny spoin. Są to: długość łuku ; temperatura łuku ; czystość powierzchni metalu podstawowego.

Długość łuku.

Metal tworzący szew przechodzi od elektrody ujemnej /drut/ poprzez sferę /otulinę/ gazową utworzoną przez łuk do elektrody dodatniej,którą stanowi metal podstawowy.

Odległość od końca elektrody do przedmiotu spawanego nazywamy długością łuku i wynosi ona normalnie około 3,2 mm / 1/8"/. Jest rzeczą znaną,że łuk krótki daje lepszą i wytrzymalszą spoinę niż łuk długi w tych samych warunkach.

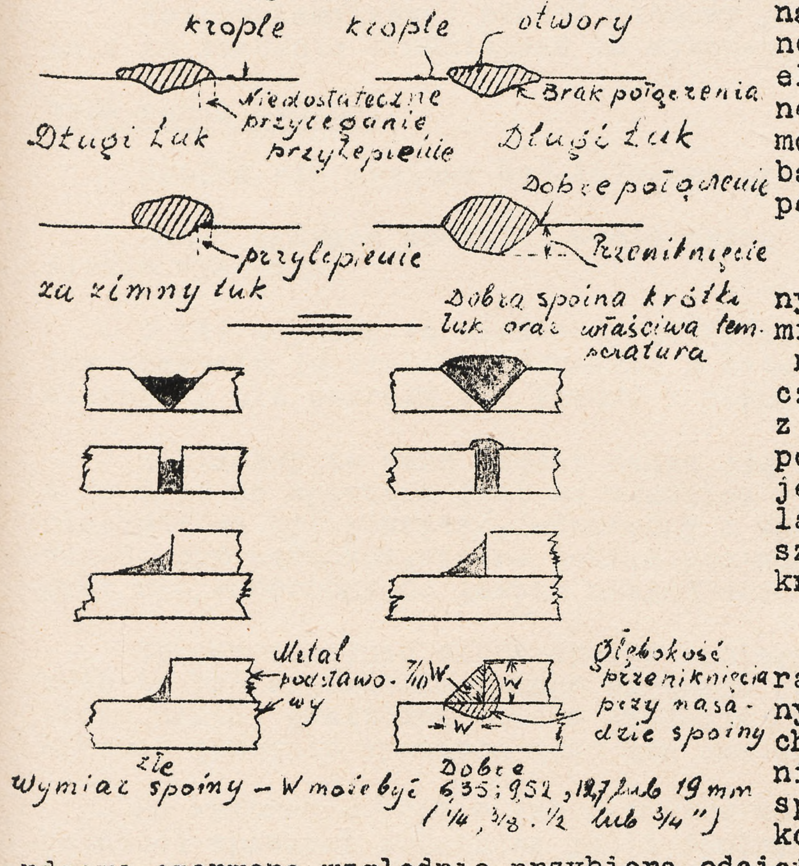
O ile łuk jest zbyt długi otulina gazowa rozciąga się na zbyt wielką przestrzen. Dzięki temu ciepło jest odprowadzane przez zbyt wielką powierzchnię a metal dodatkowy również zajmuje zawielką przestrzeń. Otrzymujemy w ten sposób płytkie,niezupełne przetopienie i porowatą spoinę /krótki czas wydzielania się gazów/. Łatwo to poznać po dużej ilości kropel /metal dodatkowy/,rozrzuconych na znacznej przestrzeni.

Łuk krótki jest regularnym,daje się łatwo kontrolować /charakterystyczny trzask/, "rozdrzuca" stosunkowo mało kropel na powierzchni i daje zdrową spoinę z głębokim przetopieniem.

O ile w pobliżu spoiny znajduje się dużo kropel oraz widoczne jest niezupełne złączenie metalu dodatkowego z podstawowym na krawędziach spoiny x/ /jak przy łuku zbyt długim/ jest rzeczą bardzo prawdopodobną,że przetopienie jest niezupełne,spoina porowata,mało ciągliwa i o małej wytrzymałości. Kilka kropel w pobliżu dobrego szwu mogło powstać przy zapalaniu łuku. Krótki łuk,stale utrzymywany,nie da kropel zupełnie.

Temperatura łuku.

Jakość spoiny zalezy w dużym stopniu od ciepła łuku,to znaczy natężenia prądu,które powinno być większe dla grubszych elektrod. Próby laboratoryjne wykazały,że dobra spoina może być wykonana tylko w bardzo wąskim zakresie temperatur.



Jeśli łuk jest zbyt "zimny",otrzymana spoina przypomina lutowanie na zimno ; następuje niezupełne połączenie metalu dodatkowego z podstawowym i otrzymujemy połączenie słabe. Taki szew jest nierównomierny na wygląd /miejsca grubsze i cieńsze/ i posiada przylepione krople.

O ile łuk jest zbyt gorący,materjał zostaje spalony a spoina jest twarda,krucha,porowata i prawdopodobnie posiada pęknięcia. Taka spoina w krótkim czasie /około pół godziny/ staje się rdzawo-czerwona,względnie przybiera odcień błękitnawy,jak spalona stal.

Spoina wykonana przy właściwej temperaturze pozostaje czystą i posiada przez długi okres czasu jasny,metaliczny połysk.

Każde urządzenie do spawania elektrycznego zawiera opornicę do regulacji natężenia prądu. Opornica ta regulowana jest ręcznie zależnie od warunków spawania.

Powierzchnie spawane.

Nie można wykonać zdrowej spoiny o ile powierzchnie są zanieczyszczone farbą,rdzą,kurzem,olejem i t.p. /wyjątek stanowi olej lniany/. Jest rzeczą niemożliwą skontrolować po spawaniu czystość powierzchni pod spoiną. Łatwo jednak stwierdzić po wyglądzie części przyległej czy ta powierzchnia była czyszczona metalową szczotką, względnie dłutem. Oczyszczenie powierzchni przed spawaniem jest ogromnie ważne i konieczne.

Położenie i wymiary szwu.

Szew powinien posiadać właściwe wymiary,znajdować się w odpowiednim miejscu i dokładnie łączyć krawędzie przedmiotów spawanych:

x/ t.zw. po angielsku overlap.

Materjał wypełniający V - rowek /względnie rowek prosty/ powinien być w nadmiarze ; przy łączeniu blach w nakładkę /względnie pod kątem/ materjał powinien wypełniać cały róg w sposób jednostajny /patrz.rys./

Zwykle spawacze wykonują połączenie robiąc elektrodą ruchy półkoliste,przy jednoczesnym posuwie wzdłuż szwu. Od szybkości tego posuwu zależy grubość szwu, od amplitudy ruchu półkolistego - szerokość szwu.

Rozróżniamy szwy: płaski,pionowy /w górę/ i nad głową. Dwa ostatnie są znacznie trudniejsze do wykonania.

Wskazania ogólne.

Spoina nie powinna być malowana przed przyjęciem.

Każdy spawacz powinien swoją cyfrą oznaczać połączenia przez siebie wykonane.

O ile używane są elektrody pokryte,należy podczas badania spoiny oczyścić ją szczotką drucianą w celu przekonania się czy na powierzchni nie zebrały się tlenki i rozmaite zanieczyszczenia.

Zakładamy,że dane części dadzą się spawać łukiem elektrycznym i że drut do spawania jest we właściwy sposób przygotowany /nie koniecznie ma być pokryty/,jednorodny i spawalny. Jeśli drut nie odpowiada tym warunkom,spoina będzie posiadać wady poprzednio opisane. Drut niejednorodny da zawsze niejednorodną spoinę.

Czasem zupełnie dobra spoina zawiera odcinki znacznie gorsze. Może to być wynikiem zmiany warunków spawania,jak np.: użycie gorszego drutu, gwałtowna zmiana napięcia ; względnie odcinki te mógł wykonać pomocnik spawacza albo ten sam spawacz - mniej starannie.

Po wykonaniu prób w laboratorjum dobrze jest powtórzyć je w obecności spawacza zwłaszcza jeśli spoiny są wadliwie wykonane.

1,5 miljona stóp szwu wykonało 150 spawaczy pod nadzorem autora tego artykułu w ciągu 30 lat i wszystkie złe spoiny powstawały wskutek:

1. zbyt długiego łuku,
2. zbyt gorącego względnie zimnego łuku,
3. złego oczyszczenia powierzchni.

Wygląd dobrej spoiny.

Dobrą spoinę charakteryzują następujące cechy:

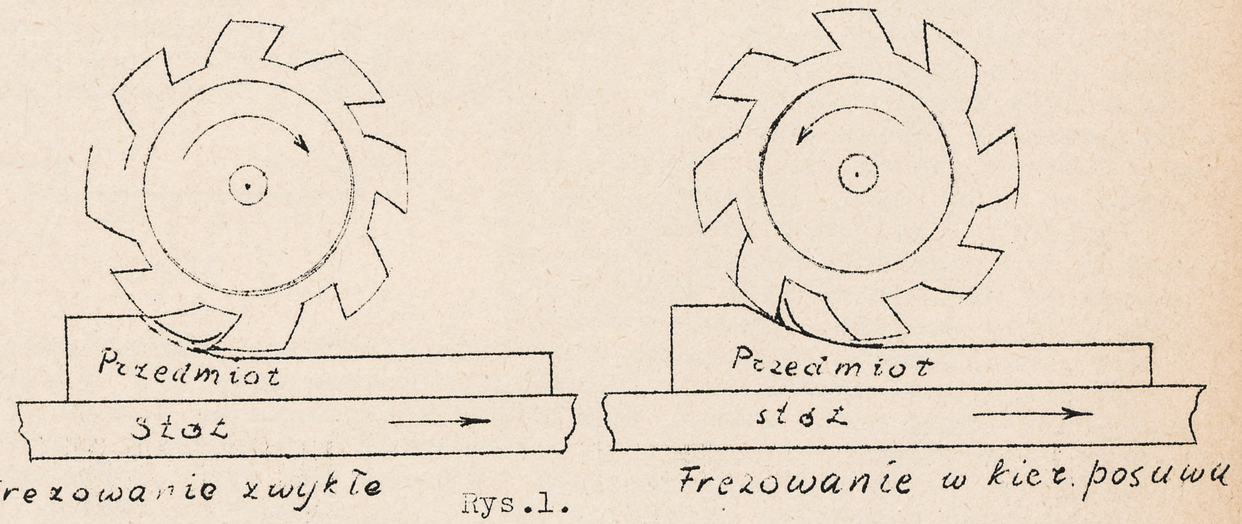
1. brak kropel rozrzuconych w pobliżu szwu,
2. brak overlap'u ,
3. obie krawędzie spoiny lekko "zanurzają się" w metalu podstawowym,
4. jasny metaliczny połysk,
5. jednostajne wymiary,
6. dokładne oczyszczenie przed spawaniem.

---oooOooo---

FREZOWANIE W KIERUNKU POSUWU
Climb Milling
A.C.Fulton
Mechanical Engineering,October 1932.

Frezowanie w kierunku posuwu jest znane już od dłuższego okresu czasu. Od szeregu lat warsztatowcy znają korzyści,jakie daje ta metoda przy dokładnych robotach. Przy frezowaniu długiego rowka na klin zwykłym sposobem wykonana część rowka posiada skłonność do prowadzenia narzędzia i do nadania mu nieprawidłowego kierunku. Wykonywując to samo zadanie przy odwrotnym kierunku pracy frez wchodzi w materjał od góry i jest wobec tego uwolniony od szkodliwego prowadzenia. Kierunek rowka zostaje osiągnięty jedynie w wyniku ruchu stołu roboczego. Tak więc stosowanie frezowania w kierunku posuwu ograniczało się w przeszłości do wytwarzania frezu i do tych prac narzędziowni, gdzie była wymagana duża dokładność. W ostatnich czasach zaczęto wprowadzać tę metodę do zwykłych prac warsztatowych mając na uwadze jej większą wydajność,dokładność i mniejsze zużywanie się freza.

Warunki pracy przy frezowaniu w kierunku posuwu są korzystniejsze dla bardzo prostych powodów. Ostrze skrawające wchodzi w materjał przy grubszym końcu wióra,napotykając na malejący opór w miarę zagłębiania się. Przy normalnym kierunku obrotu praca freza rozpoczyna się od zerowej grubości wióra i zerowego oporu,poczem obie te wielkości zdążają do maksimum. Oznacza to,że ostrze freza trze o obrabianą powierzchnię tak długo,dopóki ciśnienie jego nie stanie się



Rys.1.

dość duże dla rozpoczęcia skrawania. Okres tarcia,poprzedzający właściwą pracę każdego ostrza,przyczynia się w większym stopniu do zużywania freza,niż samo skrawanie, to też wyeliminowanin tego okresu przy frezowaniu w kierunku posuwu należy zawdzięczać zwiększenie trwałości narzędzia. Co więcej,przy frezowaniu zwykłem ilość ciepła wydzielonego podczas pracy osiąga maksimum przy końcu ostrza pracy i powoduje przyleganie wióra do freza. W wyniku tego wióry gromadzą się przed frezem lub też są przenoszone przez ostrze do następnego cięcia. Frezowanie w kierunku posuwu unika tych niewygód dzięki temu, że wióry zbierają się za frezem i że wielka ilość ciepła,wydzielająca się przy końcu skrawania /najcieńsze miejsce wióra/ zmniejsza prawdopodobieństwo przylegania wiórów do ostrzy.

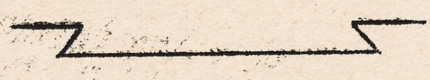
Pod warunkiem zachowania ścisłej współosiowości freza i wałka względem ich osi obrotu powierzchnia obrobiona wypada zupełnie gładka przy tych szybkościach,przy których frezowanie zwykłe pozostawia

wyraźne ślady posuwu. Należy pamiętać,że frezowanie w kierunku posuwu nie może być stosowane przy materjale posiadającym powierzchnię, utwardzoną przez zanieczyszczenia,łączyłoby się bowiem z nadmiernem zużywaniem ostrza przebijającego się przez twardą warstwę.

Idealne warunki pracy na frezarce powinny być możliwie zbliżone do warunków obróbki zapomocą przeciągania,przy której samo narzędzie wpływa na kierunek przesuwania przedmiotu, na jego sztywność pod naciskiem ostrza skrawającego i na posuw lub grubość wióra. Przy frezowaniu można w następujący sposób określić warunki,odpowiadające powyżej wymienionym: 1. Dokładny obrót freza,napędzanego dużą mocą. 2. Sztywność. 3. Poruszanie stołu w dokładnej płaszczyźnie. 4. Ustalony posuw. Zależnie od stopnia w jakim warunkom powyższym udało się zadośćuczynić,trwałość freza się zwiększa,a dokładność roboty przezeń wykonanej podwyższa.

Warunek pierwszy jest potrzebny dla trzech powodów; są to: konieczność przezwyciężania oporów,frezowanie w razie istnienia niezrównoważonego nacisku osiowego lub promieniowego na frez i wał, wykonywanie pracy z przerwami tam,gdzie powierzchnia obrabiana ulega zmianom. Bez posiadania freza,któryby pracował w opisany sposób niemożliwe byłoby prowadzenie obróbki w wyżej podanych warunkach bez narażania się na oddalanie freza od przedmiotu i na utrzymanie niedokładnego wykonania. W ten sposób wszelka cięższa obróbka byłaby wykluczona. Dla otrzymania dobrej pracy freza potrzebny jest odpowiedni mechanizm napędowy,dostatecznie sztywne podparcie i odpowiednie wymiary wału. Łożyska wału winny posiadać panewki stożkowe jako pozwalające na usuwanie luzów,powstających skutkiem zużycia.

Dokładny ruch stołu roboczego jest jednym z najważniejszych warunków zapewniających dokładne frezowanie. Zwykła konstrukcja stołu frezarek posiadała prowadnice typu jak na rys 2. Doświadczenie wskazuje,że dokładność tych prowadnic jest tylko krótkotrwała,gdyż zużywają się one dość szybko i nieregularnie,zarówno jeśli chodzi o część stałą jak i ruchomą. Jeśli obie te części są wykonane z żeliwa i poddane działaniu płynów chłodzących i innych szkodliwych wpływów,wówczas następuje szybkie zużywanie,któremu należy przeciwdziałać przez powtórne szabrowanie płaszczyzn prowadzących. Konstrukcja w "V", stosowana w tokarkach i strugarkach specjalnie dobrze się nadaje do frezowania w kierunku posuwu i tam gdzie występuje frezowanie przerywane i połączone z występowaniem dodatkowych bocznych nacisków. Przy tej metodzie frezowania nacisk działa w kierunku ku dołowi przyczyniając się do szybszego zużywania prowadzenia stołu. Konstrukcja prowadnic w "V" z utwardzonemi powierzchniami jest przy frezowaniu w kierunku posuwu warunkiem niemal nieodzownym.



Rys.2.

Przy omawianej metodzie frezowania konieczne jest urządzenie do samoczynnego usuwania luzów w mechanizmie posuwowym,którego zastosowanie wartoby właściwie polecić przy wszystkich pracach frezarskich. Zastosowanie tego urządzenia przyczynia się do większego zużywania się nakrętki i śruby i aby temu przeciwdziałać,należy powiększyć powierzchnię nośną po obu stronach gwintu.

Frezowanie w kierunku posuwu może być zastosowane prawie przy każdym rodzaju frezarki,należy go jednak unikać jeśli chodzi o ciężką obróbkę we frezarkach uniwersalnych,ponieważ typ ten nie jest dość sztywny aby się mógł oprzeć naciskom występującym przy tej metodzie. Całkowite wyzyskanie korzyści,jakie daje ta metoda jest możliwe na frezarce ze sztywnym stołem.

Przystosowanie frezowania tego do wytwórczości masowej jest bardzo proste, ponieważ ta kategorja prac umożliwia dokładne zbadanie warunków i wprowadzenie najodpowiedniejszych uchwytów, ponadto większa wydajność tej metody daje się tu najlepiej ocenić. Znaczne korzyści przedstawia frezowanie dwukierunkowe, przy którem ustawia się na stole dwa uchwyty jeden za drugim tak by przy stałym kierunku obrotu freza praca na jednym uchwycie odbywała się w sposób normalny, na drugim zaś zgodnie z posuwem. Posługiwanie się tą metodą przy wytwarzaniu małej ilości przedmiotów jest również godne polecenia pod warunkiem, że zastosowanie frezarki ze sztywnym stołem nie przyczyni się do nadmiernego powiększenia trudności ustawienia maszyny przed pracą, wynikających wskutek stosunkowo dużej sztywności obrabiarki.

Frezowanie w kierunku posuwu pozwala na osiągnięcie szeregu konkretnych zysków. Przedewszystkiem osiąga się znaczne oszczędności wskutek większej trwałości narzędzia. Na jedno zaszlifowanie freza otrzymuje się tu większą ilość przedmiotów, co potwierdza teorja oraz praktyka. Wyjątkiem jest tu frezowanie poprzez warstwę utwardzoną. Rzadszemu ostrzeniu freza towarzyszy mniejsza liczba zaburzeń, spowodowanych stępieniem narzędzia, po których należy ponownie regulować ustawienie maszyny.

Jak powiedziano wyżej frezowanie w kierunku posuwu góruje nad zwykłą metodą tam, gdzie chodzi o dokładność i staranne wykończenie roboty. Bieg freza jest wyłączony z pod wpływu wykonanej części roboty i zależy jedynie od sztywności obrabiarki, obrotu freza i posuwu stołu. Wykończenie jest lepsze z powodu usunięcia rozgniatania materjału przez wchodzące weń ostrze.

Przy frezowaniu w kierunku posuwu możliwe jest wykonywanie znacznie cięższych robót dzięki temu, że nacisk freza jest przy niem skierowany ku dołowi, przedmiot może się zatem obyć bez specjalnie silnego zamocowania, koniecznego przy frezowaniu zwykłem dla zapobieżenia oderwaniu uchwytu od stołu. Okoliczność ta upraszcza projektowanie uchwytów.

Nie należy uważać frezowania w kierunku posuwu za rozwiązanie wszelkich trudności, napotykanych przy frezowaniu. Krótko mówiąc, towarzyszący mu brak drgań przyczynia się do dłuższej używalności freza; umożliwia ono w wielu wypadkach dokładniejsze wykonanie obróbki; upraszcza się konstrukcja uchwytów. W ten sposób wreszcie można wykonywać znacznie cięższe roboty, aczkolwiek pełne osiągnięcie tej korzyści okazuje się możliwe zazwyczaj dopiero po zakupieniu specjalnego ekwipunku. Najwyższe możliwe obciążenie jest wyznaczone przez wytrzymałość najsłabszego z elementów, wystawionych na jego działanie, nie ma zatem usprawiedliwienia stosowanie masywnych i potężnych frezów, jeśli głowica i wał lub stół frezarki nie są dość mocne.

---oooOooo---

PRAKTYCZNE SPOSOBY KONTROLI
Practical Aids to Inspection
J.Pettitt-Herriot
Aircraft Engineering, April 1933

Ze wzrostem mocy na jednostkę ciężaru silnika nabiera rosnącej wagi zagadnienie starannej i surowej kontroli. Lotnictwo angielskie osiągnęło w tym kierunku doskonałe wyniki dzięki konsekwentnemu przeprowadzeniu łańcucha czynności kontrolnych od chwili otrzymania surowego materjału do ukończenia silnika. Stale są prowadzone badania

nad nowemi metodąmi kontroli. Duże postępy robi obserwacja przy pomocy promieni X. Pojedyncze zdjęcie służy za cenniejszą informację niż szereg przekrojów i pozwala na wykrycie defektów, zmuszających do odrzucenia części.

Artykuł niniejszy ma za zadanie opisanie paru nowszych metod, pozwalających na wykrywanie błędów i pęknięć w wykończonych częściach. Do niedawna utarło się między inżynierami pracującymi w fabrykach dzielenie kontroli na dwa działy. Pierwszy obejmował czynności, przeprowadzane przed próbą silnika i brał pod uwagę wymiary i wykończenie. Pozostałe próby odbywały się po próbie silnika i polegały na oględzinach obciążonych części zapomocą szkła powiększającego. Oczywistą stawała się potrzeba wprowadzenia sposobu, pozwalającego na wykrywanie wad, które miały się ujawnić po próbie silnika.

Niżej opisane metody wykrywania pęknięć są zazwyczaj stosowane na częściach wykończonych. Niekiedy odrzucenie jakiejś części po ukończeniu obróbki wiąże się z dużemi stratami, wynikającemi z niepotrzebnego obrabiania wadliwej części. Jedna z metod zastosowana we wczesnem stadjum obróbki pozwoli na uniknięcie tych strat.

Metoda magnetycznego wykrywania pęknięć.[1/]

Zasadę tej metody podała Metropolitan Vickers Electrical Company, umożliwiając dzięki niej wykrywanie na obrobionych powierzchniach pęknięć, które bez tego pozostałyby niewidzialne. Szybki i pewny ten sposób daje się zastosować do wszelkich części obrobionych wykonanych z materjału magnetycznego.

Przed kontrolą część zostaje namagnesowana, poczem styka się ją przez zanurzenie lub nalanie do wnętrza z płynem, w którym pozostają zawieszone drobne cząsteczki żelaza. Cząsteczki te układają się wzdłuż pęknięć, dzięki tworzeniu się w tych miejscach biegunów magnetycznych i pokazują tem samem ich położenie. Rys.1 obrazuje zasadę tej metody. Szkic X pokazuje przekrój części pękniętej na powierzchni. Po namagnesowaniu pole zostaje zniekształcone wskutek obecności pęknięcia i na każdej stronie pęknięcia tworzą się bieguny magnetyczne. Po zanurzeniu części w wodzie z cząsteczkami żelaza zostają one przyciągnięte przez te bieguny i oznaczają miejsce pęknięcia /Y i Z/.

Kontrola ma bardzo prosty przebieg, ponieważ pęknięcia są widoczne gołem okiem. W razie wątpliwości wystarczy oczyścić miejsca, gdzie jest podejrzewane pęknięcie i upuścić na nie kroplę płynu, służącego do badań. Układ cząsteczek żelaznych zdradzi natychmiast pęknięcie.

Przed użyciem części winny być rozmagnesowane. Następuje to zapomocą wolnego przesuwania ich przez solenoid na prąd zmienny ; może to być uskutecznione przy pomocy przenośnika dającego się zwolna poruszać przez wnętrze cewki.

Rysunki przyrządów do namagnesowywania części silników są zamieszczone w poprzednim numerze Technicznych Nowości Lotniczych. Przez dociśnięcie śruby przyrządu do badanej części tworzy się zamknięty obwód magnetyczny. Obwód jest wzbudzany przez solenoid, zmontowany na ramie przyrządu. Dla przedmiotów wysmukłych, jak wałki rozrządcze i inne, dobrze się nadaje solenoid, w którego wnętrzu zostają one umieszczone na parę sekund. Części mniejsze mogą być badane w większej ilości

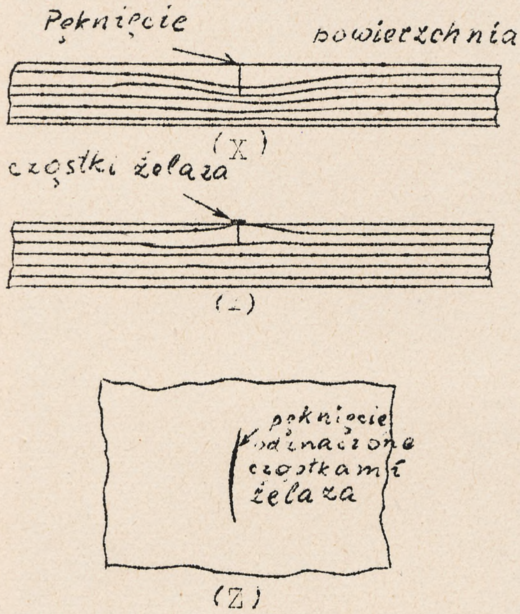
---

1/ Metoda podobna do tej została opisana w artykule p.t."Metoda elektrycznego badania materjałów w budowie silników samochodowych i lotniczych" zamieszczonym w poprzednim numerze Technicznych Nowości Lotniczych, str.50.

naraz.

Niezależnie od typu zastosowanego magnesu siła wymaganego pola magnetycznego jest bardzo niewielka tak,że w większości wypadków magnetyzm szczątkowy okazuje się wystarczający. Wymaganiom odpowiada 8 amperozwojów na 1 cm.

Dużą rolę odgrywa położenie części w przyrządzie podczas namagnesowywania,gdyż,jak stwierdził autor,najwyraźniej ukazują się pęknięcia,położone podczas namagnesowywania w płaszczyźnie pod prostym kątem do kierunku pola.Przy umieszczaniu części do magnesowania należy zatem ustawić płaszczyzny, w których pęknięcia byłyby najgroźniejsze,prostopadle do pola magnetycznego. Namagnesowanie części trwa rzadko kiedy dłużej niż 10 do 20 sekund.



Rys.1.

Duże znaczenie posiada kąpiel, powodzenie metody bowiem zależy od delikatności użytego proszku żelaznego,dającego się otrzymać naprzykład przez zredukowanie drobno zmielonego tlenku żelaza. Dobrym płynem dla takiej kąpieli jest nafta, pod warunkiem aby z niej usunąć ślady wilgoci drogą ogrzewania lub dodania chlorku wapnia.

Przed i podczas zanurzenia części w kąpieli,powinna ona być mieszana,najkorzystniej zapomocą mieszadła napędzanego silnikiem. Okres zanurzenia trwa od 3 do 5 minut,poczem części zostają wyjęte i poddane oględzinom po uprzedniem spłynięciu z nich nadmiaru cieczy.

Rozmagnesowanie odbywa się w znany sposób,przyczem ilość przesunięć części przez cewkę powinna wynosić około 6 tam i z powrotem. Jako sposób sprawdzania rozmagnesowania poleca się następujący. Cienka blaszka stalowa,grubości 0,05 mm, zostaje zawieszona na cienkim drucie,przewleczonym przez otwór,wykonany przy jej końcu,poczem zbliża się ją do badanej części. Blaszka musi być często rozmagnesowywana. Zwykłe szpilki się do tego celu nie nadają jako wykonane z mosiądzu.

Różne rodzaje pęknięć.

Wykrycie pęknięcia tą metodą nie pociąga za sobą nieodwołalnego zbrakowania części. Nad każdym wypadkiem trzeba się uważnie zastanowić. Tak więc pęknięcia występujące w kołach zębatych reduktorów bywają spowodowane szlifowaniem,hartowaniem lub zmęczeniem.

P ę k n i ę c i a o d s z l i f o w a n i a. Są to małe pęknięcia powierzchniowe,rzadko kiedy sięgające dalej wgłąb materjału. Niekiedy grupuje się większa ich ilość w postaci siatki i wówczas stają się one niebezpieczne. Jeśli pęknięcia są odosobnione,położone w płyszczyźnie pionowej,t.zn. w kierunku od spodu do wierzchołka i niezbyt blisko krawędzi zęba wówczas koło może zostać przyjęte pod warunkiem,że nastąpi druga taka sama próba po próbie w silniku.Jeśli druga próba wykaże powiększanie się pęknięcia,wówczas koło winno być bezwzględnie odrzucone. Koła w których te pęknięcia leżą w płaszczyznach,położonych ukośnie lub poziomo t.zn. równolegle do spodu

lub wierzchołka zęba,należy zbrakować,ponieważ pęknięcia takie posiadają skłonność do powiększania się pod obciążeniem.

Usuwanie pęknięć takich zapomocą kamienia nie jest wskazane. Nie usunie to pierwotnego zła,jakiem jest naprężenie,umiejscowione w okolicy pęknięcia i przyczyni się do pogorszenia kształtu zęba, tak ważnego dla prawidłowej pracy silnie obciążonych kół.

P ę k n i ę c i a o d h a r t o w a n i a. Ten rodzaj pęknięć występuje samotnie i przenika do znacznie większej głębokości,niż poprzednio opisane. Oznaczają one bardzo często położenie zanieczyszczeń w materjale i prawie zawsze posiadają skłonność do rozszerzania się. Obecność ich w części lotniczej,silnie obciążonej,wystarczy zdaniem autora do zbrakowania jej.

P ę k n i ę c i a z e z m ę c z e n i a. Ten trzeci rodzaj w przeciwieństwie do poprzednio opisanych może zostać wykryty jedynie po próbie silnika. Występują one zazwyczaj w miejscach najsilniej obciążonych i rozpoczynają się w zupełnie określonym miejscu,jak naprzykład ostry róg,zbyt mały promień,odcisk zęba. Mogą się ukazać po rozszerzeniu się poprzednio opisanych pęknięć w jedno z takich miejsc. Pęknięcia te dyskwalifikują część do użytku.

Kontrola części niemagnetycznych.

Na szczęście udało się znaleźć metodę pozwalającą na wykrywanie niewidocznych gołem okiem pęknięć w materjałach niemagnetycznych, mianowicie w wykonanych z nich częściach kutych i lanych. Metoda nie jest nowa i była już dawno stosowana do badania łożysk z białego metalu,dopiero w ostatnich latach jednak nauczono się nią posługiwać w znacznie większym zakresie.

Metoda ta,zarówno jak poprzednio opisana,znajduje się w szerokim użytku u szeregu wytwórców silników lotniczych,poddających jej każdą ważniejszą część,wykonaną z metalu niemagnetycznego,jak tłoki,łożyska korbowodów,prowadnice zaworów,wirniki sprężarek i t.d. Nie zastępuje ona bardzo surowej kontroli wzrokowej,przedsiębranej po próbie ruchu każdej części ; jej zadaniem jest wykrycie przed próbą drobnych wad,które bez niej pozostałyby niespostrzeżone.

Część badana w ten sposób zostaje naprzód zanurzona na przeciąg 15 do 20 minut do gorącej nafty,której temperatura jest utrzymywana nie nieżej niż 100°. Po wyjęciu nadmiar nafty zostaje starty,poczem część podlega starannemu osuszeniu zapomocą czystej szmatki i zostaje umieszczona w zbiorniku zawierającym drobno sproszkowaną kredę. Tam położenie części zostaje zmieniane dopóki cała jej powierzchnia nie wejdzie w kontakt z kredą. Następuje usunięcie nadmieru kredy przez lekkie stukanie i pozostawienie części w spoczynku na przeciąg 1/2 godziny. Po ostygnięciu nafta,która dotychczas pozostawała w pęknięciach,zostanie wyciśnięta nazewnątrz,wywołując miejscowe odbarwienie kredy. Miejsca te odznaczają się zazwyczaj tem,że wzdłuż nich kreda jest jakby wypchnięta na zewnątrz.

Metoda ta daje świetne wyniki,zwłaszcza wtedy,gdy kąpiel jest przygotowana z nafty,posiadającej ogromne zdolności wnikania. Poleca się dodać jedną część normalnego smaru do około dziesięciu części nafty dla opóźnienia wyparowania nafty.

Dzięki metodzie tej można stwierdzić złe przyleganie warstwy białego metalu do panewki.

Przyjęło się jednoczesne badanie około 20 części,zależnie od ich

rozmiaru,należy tylko się starać żeby były one pokryte kredą możliwie zaraz po wyjęciu z kąpieli,zanim zaczną stygnąć.

Praktycy przekładają opisane metody nad badaniem zapomocą trawienia. Przy trawieniu części glinowych kutych,obrobionych,istnieje obawa dalszego pogłębiania szczelin międzykrystalicznych. Jako skutek trawienia części stalowych może wystąpić niepożądana kruchość lub co gorsze wskutek niejednakowego wszędzie zaatakowania może wystąpić korozja.

---oooOooo---

O METODACH ANALITYCZNEGO OKREŚLANIA ELIPSOIDY BEZWŁADNOŚCI SAMOLOTU.

O mjetodach analiticzjeskogo oprjedjeljenja ellipsoida injercji samoljeta.

inż.A.I.Nikitiuk.

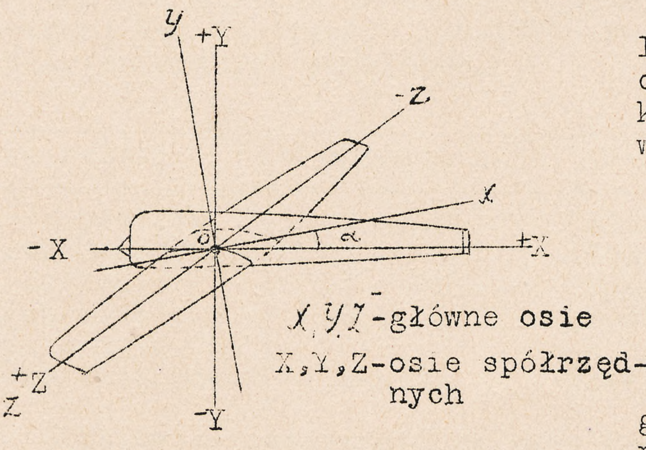
Tiechnika Wozdusznogo Fłota Nr.5, 1931.

§1. Znajomość elipsoidy bezwładności jest niezbędna dla badań dynamiki samolotu,a w szczególnosci korkociągu i związanych z tem badaniem praktycznych wniosków,dotyczących zarówno zmian konstrukcyjnych już zbudowanych samolotów,jak i zagadnień spotykanych przy budowie nowych samolotów.

Elipsoidą bezwładności samolotu nazywamy elipsoid,środek którego znajduje się w środku ciężkości samolotu ; osie tego elipsoidu są skierowane wzdłuż głównych osi bezwładności ; pół osie jego wynoszą:

$$r = \frac{1}{\sqrt{J}}$$

gdzie J - moment bezwładnosci samolotu względem odpowiedniej głównej osi bezwładności. Z powodu symetrji samolotu,elipsoid bezwładności oraz jego położenie względem samolotu określają trzy momenty bezwładności J_x, J_y,oraz J_z względem głównych osi bezwładności oraz pochylenie głównej - podłużnej osi bezwładności względem odpowiedniej osi spółrzędnych /Rys.1/.



Rys.1

Momenty bezwładności samolotu względem osi X,Y oraz Z,przechodzących przez jego środek ciężkości,wyrażają się następującemi wzorami

$$\left.\begin{aligned} J_x &= \sum m y^2 + \sum m z^2 + \sum i_x \\ J_y &= \sum m z^2 + \sum m x^2 + \sum i_y \\ J_z &= \sum m x^2 + \sum m y^2 + \sum i_z \end{aligned}\right\} , \qquad /A/$$

gdzie x , y oraz z -spółrzędne poszczególnych części samolotu, a i_x, i_y oraz i_z - momenty bezwładności tych części względem osi, równoległych do osi spółrzędnych i przechodzących przez odpowiednie środki ciężkości /własne momenty bezwładności/.

Jeżeli spółrzędne różnych części samolotu są dane nie względem środka ciężkości samolotu,a względem jakiegoś innego punktu,to,mając spółrzędne środka ciężkości x_0 , y_0 , z_0 względem tego punktu,można

obliczyć momenty bezwładności samolotu względem osi,przechodzących przez jego środek ciężkości,podług wzorów następujących:

$$\left.\begin{aligned} J_x &= \sum m(y-y_0)^2 + \sum m(z-z_0)^2 + \sum i_x \\ J_y &= \sum m(z-z_0)^2 + \sum m(x-x_0)^2 + \sum i_y \\ J_z &= \sum m(x-x_0)^2 + \sum m(y-y_0)^2 + \sum i_z \end{aligned}\right\} \qquad /B/$$

Wzory na przejście od momentów bezwładności,określonych względem osi spółrzędnych,przechodzących przez środek ciężkości samolotu/lub równoległych do nich/,na momenty bezwładności A , B i C względem głównych osi bezwładnosci mają postać następującą:

$$\begin{aligned} A &= J_x \cos^2\alpha + J_y \sin^2\alpha - \sum mxy \sin 2\alpha \\ B &= J_z \\ C &= J_y \cos^2\alpha + J_x \sin^2\alpha + \sum mxy \sin 2\alpha, \end{aligned}$$

przyjmując $\sum mxz = \sum myz = 0$ wskutek symetrji samolotu ; momenty J_x , J_y oraz J_z oblicza się podług wzorów /A/ i /B/.

Kąt pochylenia głównej osi bezwładności do osi podłużnej znajduje się ze wzoru:

$$tg\, 2\alpha = \frac{2\sum mxy}{J_y - J_x},$$

skąd:

$$\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{2\sum mxy}{J_y - J_x}.$$

gdzie $\sum mxy$, J_x oraz J_y określone są względem osi spółrzędnych.

§ 2. Przy analitycznem obliczaniu momentów bezwładności bardzo ważną rolę gra umiejętne wybranie części i szczegółów samolotu.Celem zilustrowania wpływu poszczególnych elementów na całkowity moment bezwładności,podajemy w tablicy I następujące procentowe zależności.

Tablica została ułożona dla momentu bezwładności względem poprzecznej osi ZZ /wzdłuż skrzydła/.Podane wartości są krańcowemi z przeliczeń różnych samolotów.

TABLICA I.

Nazwa części	% momentu całk.	Nazwa części	% momentu całk.
Komora płatowa	5 - 15	Silnik	7 - 25
Kadłub/konstruk. + obciążenie/	13 - 50	Podwozie	1 - 5
Kadłub/konstr./	8 - 35	Opierzenie	15 - 35
Grupa śmigło-silnik/z silnik./	10 - 35	Zbiornik z benzyną	0,5 - 5
		Załoga	4 - 18

Widzimy,że opierzenie ma taki sam wpływ na moment bezwładności, jak i kadłub /konstrukcja/,a to wskutek dużej odległości środka ciężkości opierzenia od środka ciężkości samolotu. Ogólnie biorąc zwiększenie tej odległości pociąga za sobą bardzo silne zwiększenie momentu bezwładności danej części. Z tego względu, przy obliczaniu momentów bezwładności należy bardzo starannie określić zarówno ciężar, jak i spółrzędne środków ciężkości części,znajdujących się w dużej odległości od środka ciężkości samolotu,np.,koniec ogona,końce skrzydeł,elementy opierzenia,płozę i t.d.

§ 3. Przechodząc do metod obliczenia,zauważymy co następuje:

a/ Przy obliczaniu środka ciężkości wygodnem jest posługiwanie się metodą analityczną,używaną w większości wypadków. Przy tem obliczaniu bierze się ciężary poszczególnych części konstrukcji i obciążenia. Należy przytem dążyć,jak to już było zaznaczone,do możliwego zróżniczkowania ogona,opierzenia oraz końców skrzydeł,podczas gdy dla części,położonych blisko środka ciężkości samolotu,można nie kłaść nacisku na tak dużą dokładność.

b/ Przy obliczaniu własnych momentów bezwładności oddzielnych, stosunkowo niewielkich części,jak np.,członów kadłuba,silnika,zbiorników benzynowych,części skrzydeł i t.d.,można je sprowadzać do postaci,których momenty bezwładności określają się gotowemi wzorami /patrz.Hütte/. W ten sposób można zamienić ostrosłupy ścięte na równoległościany /dążąc do skompensowania części zmodyfikowanych/,stożki z eliptycznemi lub owalnemi podstawami - prostemi stożkami kołowemi i.t.d.

Metody tej nie należy stosować do dużych części,np.,kadłuba jako całości,skrzydła jako całości i.t.d.

Niewolno również pomijać własnych momentów bezwładności,gdyż mogą one przy normalnem rozczłonkowaniu samolotu /na 80 - 100 części, patrz niżej/ dosięgnąć 30 % całkowitego momentu bezwładności.

Należy zwrócić uwagę na długie części,jak:linki i pręty sterowania,które dzięki dużej długości posiadają dość znaczne własne momenty bezwładności,pomimo stosunkowo małego ciężaru.

c/ Gdy są znane ciężary/a więc i masy /części,spółrzędne ich środków ciężkości oraz zostały obliczone własne momenty bezwładności,określa się momenty J_x, J_y oraz J_z podług wzorów /A/ lub /B/, w zależności od przyjętego układu spółrzędnych. Wygodnem jest przeprowadzenie obliczeń podług schematu Tablica 2-ga.

TABLICA 2.

Nr.Nr. porz.	Nazwa	Cięż. P kg.	Masa m	Spółrzędn. x mtr.	mx^2	Spół rzęd y mtr.	my^2	Spół-rzęd z mtr.	mz^2	i_x	i_y	i_z	mxy
			1.Komora płatowa										
1.	Górne skrzydło												
	Człon 1.	10	1,02	+1,0	1,02	-1,0	1,02	-10,0	102,0	4,0	9,0	5,0	-1,02
2.	Człon 2.												
3.	Człon 3.												
			II. Kadłub										

$\Sigma P = \ldots$ $\Sigma mx^2 = \ldots$ $\Sigma my^2 = \ldots$ $\Sigma mz^2 = \ldots$

$\Sigma i_x = \ldots$

$\Sigma i_y = \ldots$

$\Sigma i_z = \ldots$

$\Sigma mxy = \ldots$

Jeżeli części zostały odniesione nie względem środka ciężkości samolotu,wtedy dochodzą rubryki $x - x_0$, $y - y_0$ oraz $z - z_0$, gdzie x_0, y_0 oraz z_0 - spółrzędne środka ciężkości samolotu względem przyjętego początku spółrzędnych,a rubryki mx^2, my^2 oraz mz^2 zastępuje się odpowiednio na $m(x-x_0)^2$, $m(y-y_0)^2$ oraz $m(z-z_0)^2$.

d/ Dla zwyczajnego,praktycznie wystarczająco dokładnego obliczenia momentów bezwładności samolotu,należy wziąć do obliczeń,jak pokazały doświadczenia,od 80 do 100 oddzielnych przedmiotów. Można to obliczenie uprościć kosztem dokładności /rozbieżność ze zwykłemi wynikami do 5 - 7 %/. Przy takim uproszczeniu liczba przedmiotów przyjętych do rachunku obniża się średnio do 15. Należy przytem łączyć przedmioty drobne w grupy,biorąc pod uwagę okoliczności wskazane w § 2. W ten sposób,przy uproszczonym obliczaniu posiadamy np. następujące grupy: górne skrzydło - centralna część,górne skrzydło - - część końcowa, to samo dla skrzydła dolnego,nie mniej niż trzy człony kadłuba razem z przypadającem na każdy człon obciążeniem,podwozie / można przyjąć środek ciężkości w środku osi koła/,silnik, ludzie,benzyna, elementy opierzenia /których nie należy grupować celem uniknięcia dużych niedokładności/,płoza. Stojaki,ścięgna i zastrzały komory płatowej należy rozkładać porówno na górny i dolny płat .

Dotychczas brak materjałów dotyczących określania momentów bezwładności samolotu metodą wahadłową. Pierszeństwo należy dać metodzie pierwszej, t.j. rozbiciu na 80 - 100 części,jako dającej wyniki dokładniejsze.

§ 4. Prawidło znaków / patrz. rys.1./ i wymiary:

x - dodatnie do ogona, ujemne do przodu,
y - dodatnie w górę,ujemne w dół,
z - dodatnie dla lewego skrzydła,ujemne dla prawego,
α - kąt pomiędzy osią OX a odpowiednią główną osią,dodatni w kierunku od OX do OY.

Celem ujednostajnienia wyrażeń proponujemy wyrażać ciężar w kg., wymiary linjowe - w m. Wymiar momentu bezwładności będzie przytem - kgm sek^2.

§ 5. Celem szybkiego obliczania momentów bezwładności podług wzoru

$$\frac{P}{g} a^2 = m a^2,$$

gdzie: P - ciężar części, g - przyspieszenie ziemskie, m - masa a - jedna ze spółrzędnych x, y lub z , podajemy nomogram /patrz. rys.2/.

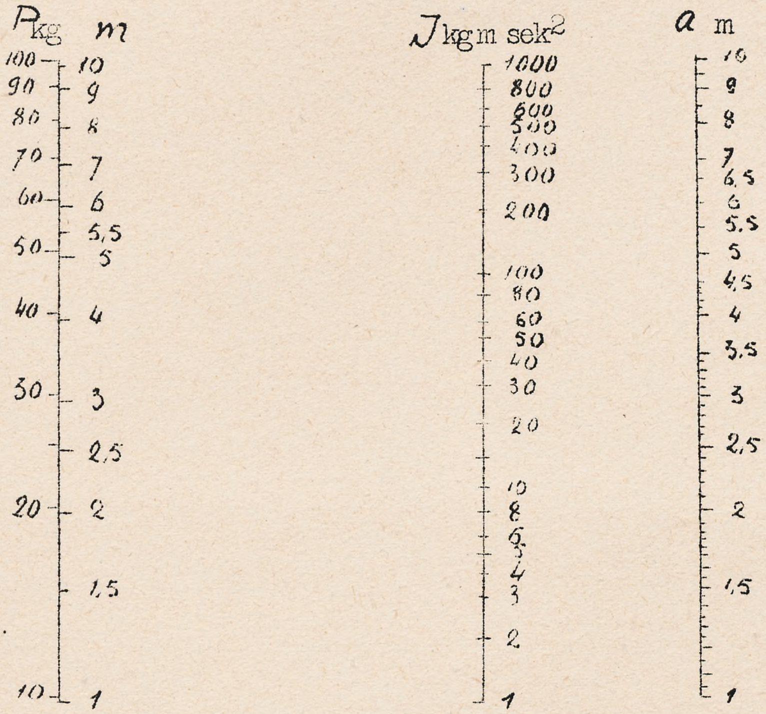
Przykładając linijkę tak,by na skali P odciąć ciężar odpowiadający ciężarowi danej części w kg,a na skali a - długość w m. odpowiadającą danej odległości środka ciężkości części od przyjętego początku układu /t.j. spółrzędną x, y lub z /,odczytujemy na środkowej skali odpowiadającą wartość momentu bezwładności w kgmsek^2 z dokładnością do $\pm$ 0,5 %.

Jeżeli wartości P są mniejsze od 10 kg oraz a mniejsze od 1 m., odcinane wielkości przyjmuje się z tych samych skal,przesuwając odpowiednio przecinek /skala logarytmiczn /.

Z pomocniczej skali m możemy odrazu odczytać wielkość masy /wymiar kgsek^2/m/, odpowiadającą danemu ciężarowi P kg.

Znajdowanie momentów bezwładności podług nomogramu zmniejsza ilość działań z 3 do 1 /przy posługiwaniu się linijką/ oraz 7 /podniesienie x , y oraz z do kwadratu, określenie masy podług ciężaru oraz trzy mnożenia/ - do 3, t.j. oszczędność czasu obliczania wynosi 57 %.

Podany w Tablicy 2 schemat obliczeń jest proponowany. Fabryczne biura konstrukcyjne posiadają jeszcze zbyt małe doświadczenie przy obliczaniu momentów bezwładności. Należy przypuszczać, że przy systematycznem przeprowadzeniu tych obliczeń w fabrykach zostaną wypracowane dogodniejsze metody grupowania materjału, któreby zapewniły zarówno szybkość, jak i najmniejszą możność omyłek.



Rys.2.

---oooOooo---

Książki nadesłane do redakcji:

1. Luftfahrtforschung, Bd.10, Nr.2, str.55 - 86. München, 6-VII-33. cena 6 MK.
2. Grundlagen der Flugsicherung, Heft 6, str.114 1933. cena 7 MK.

Od Redakcji: Z powodu późnego dostarczenia książek, zostaną one omówione w numerze następnym.

REDAKTOR NACZELNY

inż. Teraszkiewicz Mirosław

WSPÓŁPRACA NAUKOWA:

inż. Kontowtt Stanisław
inż. Lisowski Zbigniew,
inż. Śliwiński Józef,
inż. Strzeszewski Włodzimierz,
inż. Teraszkiewicz Mirosław,
inż. Tuszyński Jan,

Wydawca: inż. Tuszyński Jan. Redaktor: inż. Teraszkiewicz Mirosław

WYKONANO I ODBITO W ZWIAZKU SŁUCHACZÓW ARCHITEKTURY-KOSZYKOWA 55.

WYTWÓRNIA MASZYN PRECYZYJNYCH

AVIA

WARSZAWA UL. SIEDLECKA №63

TEL. 10-12-41
10-28-41

REMONT SILNIKÓW
LOTNICZYCH
BUDOWA PRZYCZEPNYCH
MOTORÓW DO
ŁODZI

FABRYKA ŚMIGIEŁ
W. SZOMAŃSKI i S-ka
WARSZAWA UL. KAMEDUŁÓW №71
TEL. 11-62-68

BIURO TECHNICZNO-HANDL.
AVIA
FABRYKA CELLONÓW LOTNICZYCH
WARSZAWA UL. SIEDLECKA №68

BIURO ZARZĄDÓW
WARSZAWA UL. KRAKOWSKIE PRZEDMIEŚCIE №7
TEL. 654-70